

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE DE STRASBOURG

Doyen : Professeur C. TADDEI

Doyens honoraires : Professeur R. FRANK
Professeur M. LEIZE
Professeur Y. HAIKEL

Professeurs émérites : Professeur W. BACON
Professeur A. FEKI
Professeur H. TENENBAUM

Responsable des Services Administratifs : Mme F. DITZ-MOUGEL

Professeurs des Universités

V. BALL	Ingénierie Chimique, Energétique - Génie des Procédés
A. BLOCH-ZUPAN	Sciences Biologiques
F. CLAUSS	Odontologie Pédiatrique
J-L. DAVIDEAU	Parodontologie
Y. HÄIKEL	Odontologie Conservatrice - Endodontie
O. HUCK	Parodontologie
M-C. MANIERE	Odontologie Pédiatrique
F. MEYER	Sciences Biologiques
M. MINOUX	Odontologie Conservatrice - Endodontie
A-M. MUSSET	Prévention - Epidémiologie - Economie de la Santé - Odontologie Légale
C. TADDEI	Prothèses
B. WALTER	Prothèses

Maîtres de Conférences

S. BAHI-GROSS	Chirurgie Buccale - Pathologie et Thérapeutique - Anesthésiologie et Réanimation
L. BIGEARD	Prévention - Epidémiologie - Economie de la Santé - Odontologie Légale
Y. BOLENDER	Orthopédie Dento-Faciale
F. BORNERT	Chirurgie Buccale - Pathologie et Thérapeutique - Anesthésiologie et Réanimation
A. BOUKARI	Chirurgie Buccale - Pathologie et Thérapeutique - Anesthésiologie et Réanimation
O. ETIENNE	Prothèses
F. FIORETTI	Odontologie Conservatrice - Endodontie
M. FREYMANN	Odontologie Conservatrice - Endodontie
C-I. GROS	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques - Biomatériaux - Biophysique - Radiologie
R. JOERGER	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques - Biomatériaux - Biophysique - Radiologie
S. JUNG	Sciences Biologiques
N. LADHARI	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques - Biomatériaux - Biophysique - Radiologie
F. OBRY	Odontologie Pédiatrique
R. SERFATY	Odontologie Conservatrice - Endodontie
M. SOELL	Parodontologie
E. WALTMANN	Prothèses

Equipes de Recherche

N. JESSEL	INSERM / Directeur de Recherche
Ph. LAVALLE	INSERM / Directeur de Recherche
H. LESOT	CNRS / Directeur de Recherche
M-H. METZ-BOUTIGUE	INSERM / Directeur de Recherche
P. SCHAAF	UdS / Professeur des Universités / Directeur d'Unité
B. SENGHER	INSERM / Directeur de Recherche

Remerciements

A notre Président du Jury,

Monsieur le Professeur Jean-Luc DAVIDEAU

Nous vous remercions de nous avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de cette thèse. Votre investissement dans l'enseignement de la parodontologie, ainsi que la qualité de votre encadrement, ont, tout au long de nos études, été appréciables. Veuillez trouver l'expression de nos sincères remerciements.

A notre Directeur de Thèse,

Madame le Docteur Annie NGUYEN

Vous nous avez fait l'honneur d'accepter la direction de cette thèse. Votre confiance, ainsi que la disponibilité dont vous avez fait preuve dans le suivi de ce travail, nous ont été d'une aide précieuse. Il est également primordial de souligner la qualité et la richesse de votre enseignement clinique, qu'il nous a été permis d'apprécier. Soyez assurée de notre profonde considération.

A notre Juge,

Madame le Professeur Béatrice WALTER

*Nous sommes très honorés de vous compter parmi nos juges. Votre disponibilité et votre dévouement à l'égard des étudiants sont à toute épreuve. Vous avez su tout au long de notre parcours, transmettre les valeurs qui feront de nous des praticiens non seulement performants, mais aussi dévoués.
Soyez certaine de notre profond respect.*

A notre Juge,

Monsieur le Docteur Abdessamad BOUKARI

*Vous nous avez fait l'honneur d'accepter de siéger à notre jury de thèse. Votre enseignement nous a permis de découvrir et de nous familiariser avec cette discipline qu'est l'implantologie, autant d'un point de vue théorique que clinique.
Nous vous en sommes vivement reconnaissants.*

A mes parents,

Je vous dois la force de caractère, l'assiduité et la patience que m'ont values l'aboutissement de ce travail. Vous avez su me guider depuis mon plus jeune âge, me soutenir, et m'amener à devenir la personne que je suis. Je vous en serai toujours reconnaissant.

A ma sœur,

Je te dois également une partie de ce travail. Je suis heureux d'avoir grandi à tes côtés toutes ces années, et des moments que nous avons passés ensemble. J'espère qu'il y en aura encore beaucoup d'autres.

A Amélie,

Je te remercie pour ton soutien, qui, depuis le début de la rédaction de ce travail, a été sans faille. Tu as su allier attention et patience à mon égard. J'espère pouvoir encore me reposer sur toi de longues années. Tu es la chose la plus importante qui me soit arrivé dans la vie.

A tous mes amis,

Vous êtes pour moi une source d'inspiration et de motivation inaltérable. Je vous remercie d'être à mes côtés pour partager aussi bien les bons que les mauvais moments. Vous m'avez été d'une aide précieuse dans la conception de ce travail.

A toute ma famille,

A laquelle je suis fier d'appartenir.

A mes enseignants,

Qui ont tous participé à façonner mes connaissances.

Au service de parodontologie,

Qui s'est toujours démarqué par son organisation et son efficacité

UNIVERSITE DE STRASBOURG

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2016

N° 37

THESE

Présentée pour le Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire
le 21 octobre 2016

par

AMESLAND Quentin

Né le 16/01/1990 à MULHOUSE

EVALUATION DU CONCEPT « PLATFORM SWITCHING »

Président :	Professeur	DAVIDEAU Jean-Luc
Assesseurs :	Professeur	WALTER Béatrice
	<u>Docteur</u>	<u>NGUYEN Annie</u>
	Docteur	BOUKARI Abdessamad

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	7
PREMIERE PARTIE	9
1. RAPPELS ET GENERALITES.....	10
1.1 L'implant dentaire	10
1.1.1 Définition	10
1.1.2 Matériau utilisé.....	10
1.1.3 Dessin de l'implant.....	11
1.1.4 Etat de surface	11
1.1.5 Protocole d'enfouissement	12
1.1.6 Connexion prothétique	12
1.1.6.1 Le pilier implantaire	12
1.1.6.2 Indexation ou non indexation	13
1.1.6.3 Connexion interne ou externe.....	13
1.1.6.4 Connexion active ou passive	13
1.1.6.5 La prothèse implantaire	14
1.2 Les tissus péri-implantaires	14
1.2.1 Anatomie des tissus parodontaux et péri-implantaires.....	14
1.2.1.1 Anatomie du parodonte	14
1.2.1.1.1 La gencive	14
1.2.1.1.1.1 L'épithélium gingival.....	15
1.2.1.1.1.2 Le tissu conjonctif gingival	16
1.2.1.1.2 L'os alvéolaire	17
1.2.1.1.2.1 Composition	17
1.2.1.1.2.2 Typologie osseuse	17
1.2.1.1.3 Le cément	18
1.2.1.1.4 Le ligament alvéolo dentaire	18
1.2.1.2 Anatomie des tissus péri-implantaires.....	18
1.2.1.2.1 Epithélium sulculaire.....	18
1.2.1.2.1.1 Epithélium jonctionnel	18
1.2.1.2.2 Tissu conjonctif péri-implantaire	19
1.2.2 Notion d'espace biologique.....	20
1.2.2.1 Au niveau des tissus parodontaux	20
1.2.2.2 Au niveau des tissus péri-implantaires.....	21
1.2.3 Notion de biotype gingival.....	23
1.2.4 Ostéointégration de l'implant.....	24
1.2.4.1 Définition	24
1.2.4.2 Critères de réussite	24
1.2.4.3 Stades de l'ostéointégration.....	25
1.2.5 Dynamique des tissus parodontaux et péri-implantaires.....	26
1.2.6 Perte osseuse péri-implantaire.....	26
1.2.6.1 Perte osseuse verticale.....	26
1.2.8 Pathologie des tissus péri-implantaires	29
DEUXIEME PARTIE	31
2. LE CONCEPT PLATFORM SWITCHING	32
2.1 Définition	32
2.2 Historique.....	32
2.3 Concept et intérêt clinique.....	34
2.3.1 Sur le plan biologique.....	34
2.3.2 Sur le plan biomécanique	36
2.3.3 Sur le plan esthétique	37
2.4 Arguments allant à l'encontre du concept platform switching.....	38
TROISIEME PARTIE.....	41

3. ETUDE DE METANALYSES	42
3.1 La médecine basée sur la preuve	42
3.1.1 Les essais contrôlés randomisés	42
3.1.2 Revues systématiques	42
3.1.3 Les méta-analyses	43
3.2 Etude des différentes méta-analyses autour du concept platform switching	44
3.2.1 Revue systématique et méta-analyse d'Atieh et al. 2010	44
3.2.2 Revue systématique et méta-analyse d'Annibali et al. 2012	45
3.2.2.1 Résultats	45
3.2.2.1.1 Revue systématique	46
3.2.2.1.1.1 Sélection des patients	46
3.2.2.1.1.2 Procédure chirurgicale	46
3.2.2.1.1.3 Caractéristiques implantaire	47
3.2.2.1.1.4 Types de restaurations	48
3.2.2.1.1.5 Mesures radiographiques	49
3.2.2.1.1.6 Risques de biais intra-étude	49
3.2.2.1.2 Résultats et conclusions des différents essais inclus à la méta-analyse	50
3.2.2.1.3 Conclusions de la méta-analyse	52
3.2.2.1.3.1 Echec implantaire	52
3.2.2.1.3.2 Résorption osseuse péri-implantaire	53
3.2.2.1.3.3 Recherche de biais et analyses complémentaires	54
3.2.3 Méta-analyse de Herekar et al. 2014	56
3.2.4 Méta-analyse de Strietzel et al. 2014	57
3.2.5 Méta-analyse de Chrcanovic et al. 2015	57
3.2.6 Méta-analyse de Santiago et al. 2015	59
3.2.6.1 Design expérimental	59
3.2.6.2 Sélection des patients	59
3.2.6.3 Protocoles chirurgicaux	59
3.2.6.4 Caractéristiques implantaire	61
3.2.6.5 Qualité méthodologique et risque de biais	62
3.2.6.6 Résultats et conclusions des différents essais inclus à la méta-analyse	63
3.2.6.7 Méta-analyse et données supplémentaires	66
3.2.6.7.1 Perte osseuse	66
3.2.6.7.2 Survie implantaire	68
3.2.6.7.3 Analyse de sous-groupes	69
3.3 Discussion	70
3.3.1 Synthèse des résultats des différentes méta-analyses	70
3.3.2 Différents biais présents au sein de la littérature	71
3.3.2.1 Biais dus à l'hétérogénéité	71
3.3.2.2 Biais dus au design des essais inclus aux méta-analyses	72
3.3.2.3 Biais dus au design des méta-analyses	73
3.3.3 Impact clinique réel du concept platform switching	74
3.3.3.1 Sur le plan biologique	74
3.3.3.1.1 L'infiltrat inflammatoire	74
3.3.3.1.2 L'espace biologique	75
3.3.3.2 Sur le plan biomécanique	77
3.3.3.3 La question de la connectique cône morse	78
3.3.3.4 La question du niveau d'insertion	79
3.3.3.5 La question de l'extraction-implantation immédiate	80
3.3.3.6 Sur le plan esthétique	80
CONCLUSIONS	82
BIBLIOGRAPHIE	86

INDEXE ICONOGRAPHIQUE

Figure 1: Morphologie implantaire d'après Jakubowicz-Kohen, Szmukler-Moncler, Davarpanah et al. (2013)	11
Figure 2: Profondeur d'insertion de l'implant d'après Jakubowicz-Kohen, Szmukler-Moncler, Davarpanah et al. (2013)	12
Figure 3 : Différents types de connexions d'après Jakubowicz-Kohen, Szmukler-Moncler, Davarpanah et al. (2013)	14
Figure 4 : Les 3 zones de l'épithélium gingival d'après Nield-Gehrig et Willmann (2007) ...	16
Figure 5 : Ligament gingival, d'après Auriol, Charpentier et Naour (2008)	17
Figure 6 : Comparaison de la muqueuse parodontale et péri-implantaire, d'après Claude, Russon et Mourreou, http://generation.implant.com	19
Figure 7 : Espace biologique parodontal, d'après http://speareducation.com	21
Figure 8: Espace biologique péri-implantaire, d'après Palacci et Ericsson	22
Figure 9: Les sources de perturbations tissulaires au niveau du joint implant-pilier. Davarpanah et Szmukler-Moncler, (2008).	28
Figure 10 : design de la plateforme de l'implant Certain Prevail d'après Baumgarten et al. (2005)	33
Figure 11 : Impact de l'infiltrat inflammatoire sur l'établissement de l'espace biologique péri-implantaire d'après Lazzara et al. (2005)	34
Figure 12 : L'espace biologique tridimensionnel du concept platform switching d'après Trammel (2009)(59).	35
Figure 13 : Principe du platform-switching. Davarpanah et Szmukler-Moncler, (2008)	35
Figure 14 : Différentes distances du point de contact à la crête osseuse et probabilité de présence de la papille, d'après http://periospot.com	37

INDEXE DES TABLES

Tableau 1 : Récapitulatifs des caractéristiques des tissus péri-implantaires	30
Table 2 : Tableau récapitulatif des avantages attribués au concept platform switching d'après Lazzara et al.....	40
Table 3 : Choix de la procédure chirurgicale des différents essais inclus à la méta-analyse d'Annibaldi et al.....	46
Table 4 : Choix du positionnement vertical des implants des différents essais inclus à la méta-analyse d'Annibaldi et al.....	47
Table 5 : Caractéristiques implantaires des différents essais inclus à la méta-analyse d'Annibaldi et al.....	48
Table 6 : Qualité méthodologiques des différents essais inclus à la méta-analyse d'Annibaldi et al.....	49
Table 7 : Résultats et conclusions des différents essais inclus à la méta-analyse d'Annibaldi et al.....	50
Table 8 : Perte osseuse marginale à la dernière réévaluation, analyse basée sur le patient, d'après Annibaldi et al.....	50
Table 9 : Perte osseuse marginale à la dernière réévaluation, analyse basée sur l'implant, d'après Annibaldi et al.....	54
Table 10 : Estimation de l'effet traitement pour différents sous-groupes de la méta-analyse d'Annibaldi et al.....	55
Table 11 : Différentes caractéristiques des différents essais inclus à la méta-analyse de Herekar et al.....	56
Table 12 : Différence des moyennes de préservation osseuse du platform switching à différents instants du suivi pour les essais inclus à la méta-analyse de Chrcanovic et al.....	58
Table 13 : Impact du temps sur l'effet de préservation osseuse du platform switching dans les essais de la méta-analyse de Chrcanovic et al.....	58
Table 14 : Impact du mismatching sur l'effet de préservation osseuse du platform switching dans les essais de la méta-analyse de Chrcanovic et al.....	58
Table 15 : Modalité de placement de l'implant et de sa mise en charge pour les différents essais inclus à la méta-analyse de Santiago et al.....	60
Table 16 : Caractéristiques implantaires des différents essais inclus à la méta-analyse de Santiago et al.....	61
Table 17 : Score de Jadad des différents essais inclus à la méta-analyse de Santiago et al.....	62
Table 18 : Résultats et conclusions des différents essais inclus à la méta-analyse de Santiago et al.....	63
Table 19 : Comparaison de la perte osseuse péri-implantaire entre les implants platform switching et platform matching : essais randomisés contrôlés, d'après Santiago et al....	67
Table 20 : Comparaison de la perte osseuse péri-implantaire entre les implants platform switching et platform matching : essais randomisés et non randomisés, d'après Santiago et al.....	67
Table 21 : Comparaison de la survie entre les implants platform switching et platform matching des essais inclus à la méta-analyse de Santiago et al.....	68
Table 22 : Comparaison de la perte osseuse péri-implantaire pour les implants posés au maxillaire (A) et à la mandibule (B) entre les implants platform switching et les implants platform matching, d'après Santiago et al.....	69
Table 23 : Tableau récapitulatif de la différence de moyennes entre les groupes platform switching et les groupes platform matching en matière de résorption pour les différentes méta-analyses	70

INTRODUCTION

L'idée du remplacement des racines dentaires n'est pas une nouveauté. Dans les années 1960-1970 des praticiens ont développé les implants lames. Dans la démarche intellectuelle de ces praticiens, le but était de retrouver la structure des tissus parodontaux autour d'une racine artificielle. Ces implants permettaient alors l'interposition de fibres conjonctives entre l'implant et l'os. On parle alors de fibro-intégration. Mais il a fallu attendre les années 1970 avec l'implant titane de Brånemark pour qu'une relation étroite avec l'os puisse être obtenue. L'implantologie est alors née avec la découverte de l'ostéo-intégration. A partir de 1982, la technique s'est répandue dans tous les pays industrialisés.

Dès lors, la maîtrise et l'amélioration du succès implantaire ont été les points les plus étudiés dans le domaine. L'implantologie est une discipline se basant sur des concepts anciens, mais qui est en permanence alimentée par de nouvelles évolutions. Aujourd'hui les implants et les réhabilitations prothétiques supra-implantaires doivent être non seulement fonctionnels, mais aussi esthétiques et pérennes dans le temps, avec une gestion optimale des tissus durs et mous péri-implantaires.

Malgré une certaine uniformisation des techniques et des différents composants en implantologie, de nombreuses variantes sont encore présentées sur le marché. Chaque particularité est censée aboutir à un avantage technique ou biologique. Cependant, l'intérêt réel de tel ou tel choix morphologique des composants n'est pas toujours clairement démontré. Il devient alors difficile de faire la part entre l'avancée scientifique et le besoin constant de nouveauté qui caractérise notre époque.

Le platform switching est un concept implantaire qui a convaincu de nombreux professionnels de son efficacité sur le plan clinique. Cependant, son utilisation n'est actuellement pas guidée par des protocoles basés sur la preuve scientifique, mais par des recommandations de fabricants.

Nous nous posons donc ici la question de l'impact réel de ce concept au travers d'une étude approfondie de la littérature, et tenterons de discuter de la preuve amenée autour de son efficacité.

PREMIERE PARTIE

1. RAPPELS ET GENERALITES

1.1 L'implant dentaire

1.1.1 Définition

Selon Missika et al. (1, 2), l'implant dentaire est une racine artificielle en titane permettant le remplacement d'une dent absente. Il est précisé que la finalité du traitement est la réalisation d'une prothèse esthétique et fonctionnelle.

1.1.2 Matériau utilisé

La biocompatibilité étant la contrainte la plus importante à respecter, le matériau utilisé dans la quasi-totalité des implants actuels est le titane (2).

Cranin et ses associés ont démontré l'excellente biocompatibilité du titane due à la formation d'une couche oxydée en surface (3).

Williams quant à lui, a démontré que le titane présentait d'autres caractéristiques telles qu'une haute passivité, une certaine résistance aux attaques chimiques, et un module d'élasticité compatible avec celui de l'os, faisant de lui le matériau de choix pour l'implantologie intra-osseuse (4).

Le seul réel inconvénient de ce matériau est le facteur esthétique du à sa couleur grise, pouvant apparaître en cas de déhiscence autour de l'implant.

Cranin et al. ont commencé en 1975 à publier les premiers travaux de recherche concernant la zircone comme matériau implantaire. Les implants céramiques montrent une bonne ostéointégration, ainsi qu'une maîtrise de l'accumulation de plaque due à une meilleure gestion des tissus mous et donc une bonne alternative au titane en ce qui concerne le facteur esthétique (5).

Il a aussi été développé un implant en alliage Titane-Zircone, présentant des propriétés mécaniques meilleures que le titane pur ajoutées à une bonne gestion de l'esthétique des tissus mous (6).

D'autres matériaux d'implant sont disponibles, mais leur biocompatibilité reste peu documentée. Il faut donc choisir son matériau implantaire avec précaution (2).

1.1.3 Dessin de l'implant

La forme extérieure de l'implant peut être cylindrique ou cylindro-conique, et peut être fileté ou non (2). Aujourd'hui, il semblerait y avoir un consensus autour de l'implant vissé. Cependant, une multitude d'implants existent sur le marché, se différenciant par la forme et la taille des spires, la forme de l'apex, le diamètre implantaire et la forme du col notamment (7).



Figure 1: Morphologie implantaire d'après Jakubowicz-Kohen, Szmukler-Moncler, Davarpanah et al. (2013)

- L'apex : il peut être fileté ou lisse, plat ou en dôme et cylindrique ou conique,
- Le corps : peut recevoir différents pas de vis et de différentes tailles, et peut être creusé pour améliorer la stabilité primaire,
- Le col : peut être fileté ou lisse, cylindrique ou conique, usiné ou non.

1.1.4 Etat de surface

La surface d'un implant peut être usinée, c'est à dire sans nouvelle préparation de surface après fabrication à l'aide d'une machine, obtenant une surface lisse, ou bien sablée et/ou mordancée (ayant subi une attaque acide) (2). Le choix tend à basculer du côté de la surface sablée et/ou mordancée ; ces traitements de surface confèrent à l'implant une mouillabilité augmentée, donc un recouvrement plus rapide de la surface de l'implant par le sang du patient. L'intégration de l'implant en est simplifiée (2).

Le marché implantaire présente à nouveau une multitude de possibilités en ce qui concerne la topographie de l'état de surface de l'implant ; on peut jouer sur les différents types d'état de surface aux différents niveaux de l'implant, notamment au niveau du col et du corps (8) (9).

1.1.5 Protocole d'enfouissement

La stratégie implantaire peut amener un praticien à enfouir l'implant sous la muqueuse le temps de la cicatrisation, ou alors à le faire émerger des tissus mous au moyen d'un pilier de cicatrisation ou d'un col implantaire transmuqueux (10).

Différents niveaux d'enfouissements sont possibles. On retrouve donc dans les catalogues implantaires des implants à col transmuqueux, supra crestal, juxta crestal, ou bien encore sous crestal.



Figure 2: Profondeur d'insertion de l'implant d'après Jakubowicz-Kohen, Szmukler-Moncler, Davarpanah et al. (2013)

1.1.6 Connexion prothétique

1.1.6.1 Le pilier implantaire

L'édifice implantaire est généralement constitué de deux parties (3) (11):

- une partie endo-osseuse, appelée implant,
- une partie émergeant dans la cavité buccale, appelée pilier. Le pilier est relié à l'implant par un système d'attachement le plus souvent transvisé.

La couronne viendra alors reposer sur le pilier de l'implant.

Ce concept est le plus fréquent, mais encore une fois, les différents systèmes implantaires se différencient par la morphologie de la connexion entre l'implant et le pilier.

Cependant, il est possible d'avoir des systèmes « direct implant » avec une couronne qui vient directement se transvisser dans l'implant.

Enfin, l'implant peut lui même présenter un pilier en une pièce, sur lequel la couronne reposera (12). Ce concept est le plus récent. On qualifie ces implants de « one piece ».

1.1.6.2 Indexation ou non indexation

L'indexation d'une connexion traduit la présence à l'interface implant-pilier d'un dispositif permettant un repositionnement reproductible et précis du pilier par rapport à l'implant. De plus, le dispositif d'indexation possède un rôle antirotationnel afin d'empêcher la rotation du pilier dans l'implant (11).

1.1.6.3 Connexion interne ou externe

Quand la pièce femelle se situe au niveau du pilier prothétique, la connexion est dite externe. Quand elle se situe au niveau de l'implant, la connexion est dite interne. C'est donc le pilier implantaire qui vient pénétrer dans l'implant (3).

La connexion interne est plus récente et souffrait d'une certaine fragilité à l'origine, mais qui a été comblé par la sélection de grade ou d'alliage de titane plus adaptés. C'est donc aujourd'hui la connexion qui prédomine car elle confère des avantages d'adaptation plus jointive et plus rétentive, limitant ainsi les micromouvements du pilier et procurant une meilleure herméticité bactérienne (10).

1.1.6.4 Connexion active ou passive

Une connexion active suggère l'insertion du pilier en force dans l'implant, y apportant de la friction. Les connexions actives sont essentiellement de type « cône-morse » (11).

Il s'agit d'un design de connexion unique mettant en relation deux structures coniques. Le pilier qui constitue la partie conique mâle s'insère dans la partie conique femelle de l'implant. La connexion se fait par la friction des deux parties. Cette connexion active conférerait le caractère antirotationnel de la connexion et diminuerait l'épaisseur du joint implant-pilier. Elle améliorerait ainsi la répartition des contraintes, diminuerait les micromouvements, et limiterait la colonisation bactérienne du microgap entre le pilier et l'implant (13).

Dans les connexions passives, l'essentiel de la rétention est réalisé par le torque de la vis connectant le pilier à l'implant.

Les connexions passives peuvent être de diverses formes, notamment hexagonales et triangulaires, permettant le phénomène d'indexation que nous avons défini en amont.



Figure 3 : Différents types de connexions d'après Jakubowicz-Kohen, Szmukler-Moncler, Davarpanah et al. (2013)

1.1.6.5 La prothèse implantaire

Une prothèse implantaire peut être transvissée ou bien scellée sur le pilier implantaire.

La prothèse vissée sur implant est définie comme une restauration transvissée sur un pilier implantaire lui même transvissé dans le corps de l'implant (3).

La prothèse scellée sur implant est définie comme une restauration scellée sur le pilier implantaire qui lui est transvissé dans le corps de l'implant (3).

1.2 Les tissus péri-implantaires

1.2.1 Anatomie des tissus parodontaux et péri-implantaires

1.2.1.1 Anatomie du parodonte

1.2.1.1.1 La gencive

La fonction de la gencive est de résister aux différentes agressions mécaniques avec les particules alimentaires produites par la mastication, ainsi que biologiques avec l'accumulation de bactéries de la plaque dentaire en contact direct avec le sulcus gingival.

Cette gencive doit servir de barrière entre le milieu extérieur et les tissus sous-jacents pour les protéger contre les agressions, et pour prévenir la fuite des fluides tissulaires (10).

Comme tout tissu mou, la gencive est composée d'un épithélium et de tissu conjonctif sous-jacent.

1.2.1.1.1 L'épithélium gingival

L'épithélium gingival est un tissu multistratifié pavimenteux kératinisé, donc formé d'une couche basale de renouvellement, d'une couche spino-cellulaire riche en hémi-desmosomes, d'une couche granuleuse et enfin d'une couche cornée acellulaire et desquamante. Ce tissu est non vascularisé (2) (14).

L'épithélium gingival est constitué (7)

- d'un épithélium buccal recouvrant la gencive libre ainsi que la gencive attachée. Il s'agit d'un épithélium pavimenteux stratifié kératinisé,
- d'un épithélium sulculaire : au niveau d'un espace virtuel entre la gencive libre et la surface dentaire. Cet épithélium est pavimenteux stratifié mais est non kératinisé. A ce niveau a été mesurée une profondeur au sondage entre 0,8 et 1,3 mm de hauteur,
- d'un épithélium jonctionnel : l'attache épithéliale, barrière séparant le milieu intérieur de la cavité buccale. C'est une mince couche épithéliale située sous le fond du sillon gingival contre la surface de la dent.

L'attache épithéliale est d'une importance capitale dans l'étanchéification entre le milieu interne et la cavité buccale. Cet épithélium comporte 15 à 30 couches cellulaires mais s'amincit progressivement vers la dent où il ne comporte plus que trois ou quatre couches cellulaires. Les cellules sont disposées parallèlement à la surface de la dent et sont aplaties. L'épithélium de jonction est bordé d'une lame basale interne s'interposant entre les cellules et la dent et d'une lame basale externe, ce qui le sépare du chorion gingival (14).

Les cellules bordant les lames basales interne et externe sont d'apparence classique. Les trois autres couches cellulaires de la stratification (spino-cellulaire, granuleuse et cornée) n'apparaissent pas ; toutes les autres cellules composant l'épithélium de jonction sont identiques, de forme aplatie et légèrement oblongue. Une migration constante de toutes les cellules de l'épithélium de jonction s'observe en direction de la base du sillon gingivo-dentaire. L'épithélium de jonction constitue donc une entité histologique particulière caractérisée par un turnover rapide des cellules. (14).

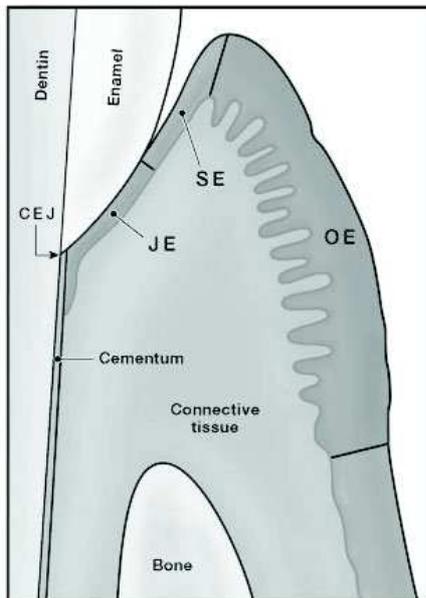


Figure 4 : Les 3 zones de l'épithélium gingival d'après Nield-Gehrig et Willmann (2007)

JE : épithélium de jonction à la base du sulcus

SE : épithélium sulculaire qui limite le sulcus

OE : épithélium oral qui couvre la gencive libre et attachée

1.2.1.1.1.2 Le tissu conjonctif gingival

Le tissu conjonctif gingival est constitué de cellules (les fibroblastes), de fibres (principalement du collagène) et d'une substance fondamentale, matériau de remplissage qui enrobe les cellules et les fibres. Ce tissu conjonctif est largement vascularisé (2) (7).

Le tissu conjonctif gingival est constitué (7)

- de fibres dento-gingivales : insérées sur le cément et se distribuant en éventail vers la gencive périphérique,
- de fibres dento-périostées : s'insérant dans le cément et longeant la crête alvéolaire pour s'insérer dans son périoste,
- de fibres périoso-gingivales,
- de fibres gingivales circulaires ; formant un manchon circonscrit autour de la dent,
- de fibres alvéo-gingivales : remontant verticalement de la crête alvéolaire vers la gencive périphérique,
- de fibres transeptales : permettant une jonction entre les différentes crêtes alvéolaires voisines.

L'insertion des fibres dento-gingivales, dento-périostées dans le cément de la dent constitue l'attache conjonctive.

Des éléments vasculaires et nerveux se retrouvent également dans le chorion gingival. La vascularisation de ce dernier se fait à partir des faisceaux supra-périostés. Les nerfs supra-périostés assurent l'innervation de la gencive.

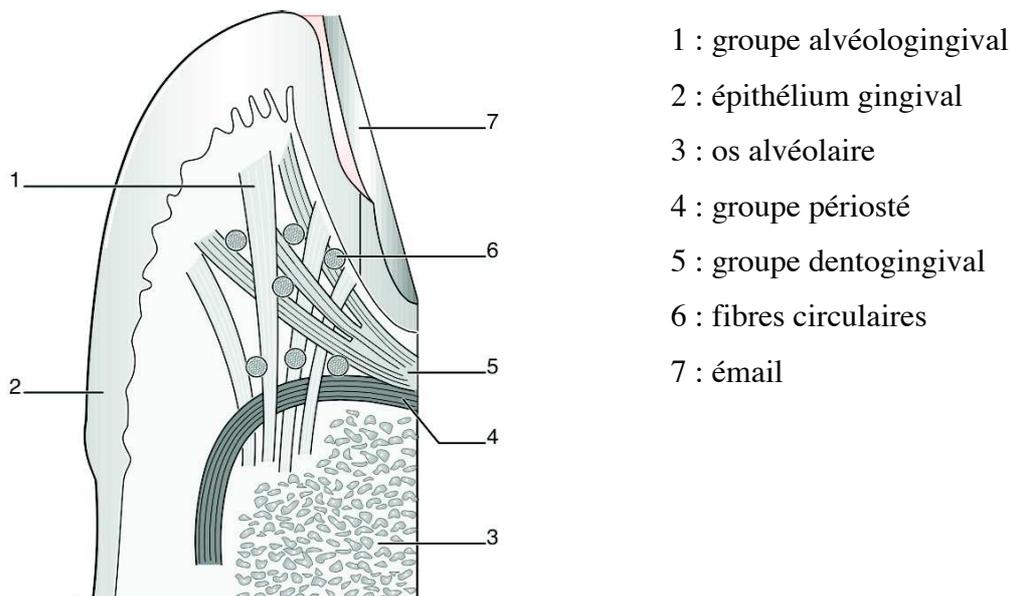


Figure 5 : Ligament gingival, d'après Auriol, Charpentier et Naour (2008)

1.2.1.1.2 L'os alvéolaire

1.2.1.1.2.1 Composition

C'est la partie de l'os des maxillaires qui contient les alvéoles dentaires (14).

L'os alvéolaire comprend une corticale externe, un os spongieux médian et une corticale interne que l'on appelle aussi lame cribreuse ou lamina dura. L'os alvéolaire, comme tout tissu osseux, est un tissu conjonctif calcifié.

1.2.1.1.2.2 Typologie osseuse

Une classification de la qualité osseuse a été établie par Lekholm et Zarb (15) :

- L'os de type I est dense, principalement composé d'os compact. La partie spongieuse étant quasiment inexistante, l'os est donc très mal vascularisé,
- L'os de type II comporte de l'os cortical et spongieux en bonne proportion,
- L'os de type III comporte une corticale fine et une partie spongieuse consistante,
- L'os de type IV comporte une corticale quasi inexistante et une partie spongieuse, elle aussi réduite.

1.2.1.1.3 Le ciment

C'est un tissu calcifié qui recouvre la dentine de la racine de la dent. Il ressemble à l'os, mais il n'est ni vascularisé, ni innervé (14). On distingue un ciment acellulaire et un ciment cellulaire. C'est le ciment qui permet l'attache entre la dent et l'alvéole via le ligament alvéolo-dentaire.

1.2.1.1.4 Le ligament alvéolo dentaire

C'est une lame de tissu conjonctif qu'on appelle aussi desmodonte, et qui permet l'attache de la dent à l'os alvéolaire par l'intermédiaire des fibres de Sharpey.

1.2.1.2 Anatomie des tissus péri-implantaires

L'interface tissus-mous-implant est un tissu cicatriciel qui présente trois zones bien délimitées selon Berglundh (16) : l'épithélium sulculaire, l'épithélium de jonction et le tissu conjonctif péri-implantaire. Ces tissus présentent avec les tissus mous parodontaux plusieurs similitudes et différences (14, 17).

1.2.1.2.1 Epithélium sulculaire

Il constitue le prolongement de l'épithélium buccal, mais est non kératinisé. Il est formé de 5 à 15 couches cellulaires similaires à celles formant l'épithélium sulculaire parodontal. Cependant, au niveau du sulcus péri-implantaire sain, Ericsson et Lindhe ont constaté une profondeur moyenne au sondage de 2 mm (18).

1.2.1.2.2 Epithélium jonctionnel

Constituant une réelle barrière biologique de 2 mm en moyenne, cet épithélium a un rôle très important dans le succès implantaire.

Les cellules de cet épithélium ont la capacité d'adhérer aux biomatériaux inertes, comme le titane, en formant des hémidesmosomes et une lame basale, tout comme dans le cas de l'attache dentaire épithéliale. Cependant, contrairement aux tissus parodontaux, l'épithélium jonctionnel des tissus péri-implantaires ne s'attache pas sur toute sa hauteur mais seulement au niveau de sa région apicale.

1.2.1.2.3 Tissu conjonctif péri-implantaire

Le tissu conjonctif péri-implantaire mesure en moyenne 1 à 1,5 mm de hauteur et sépare l'épithélium jonctionnel coronairement du sommet de la crête osseuse apicalement. Ce tissu est moins riche en cellules que son homologue péri-dentaire et est principalement constitué de fibres.

Son organisation dépend de l'état de surface implantaire et de la kératinisation de la muqueuse.

Avec une gencive kératinisée et un état de surface rugueux, on observe des fibres parallèles à l'axe de l'implant. Elles s'attachent au périoste de la crête osseuse mais ne s'attachent pas à la surface de l'implant.

Des fibres circulaires sont aussi retrouvées mais jamais de fibres perpendiculaires.

Cependant, en l'absence de tissu kératinisé et/ou en présence d'une surface implantaire usinée, l'organisation du tissu conjonctif est différente et se présente en deux zones ; une couche interne dense et avasculaire, avec des fibres circulaires formant une collerette entourant l'implant, ainsi qu'une couche externe, qui est richement vascularisée et contient des fibres parallèles à la surface implantaire.

Il faut aussi savoir que la vascularisation du tissu conjonctif péri-implantaire est dans tous les cas moins développée et moins importante qu'autour d'une dent puisqu'elle dérive des vaisseaux périostés. Berglundh décrit notamment une zone de tissu conjonctif avasculaire adjacente à l'implant (19).

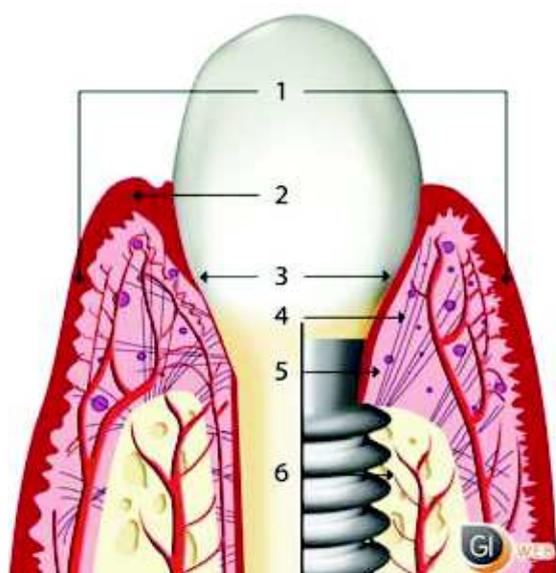


Figure 6 : Comparaison de la muqueuse parodontale et péri-implantaire, d'après Claude, Russon et Mourreau, <http://generation.implant.com>

Similitudes :

L'épithélium buccal (structure 1), l'épithélium sulculaire (structure 2) et l'épithélium de jonction (structure 3) sont similaires.

Différences :

Il n'y a pas d'attache conjonctive au niveau de l'implant (structure 4).

Le tissu conjonctif de l'implant est hypocellularisé et hypovascularisé (structure 5).

L'orientation des fibres gingivales est parallèle le long du col de l'implant (insertion impossible dans l'implant) et perpendiculaire à l'os alvéolaire, alors qu'on observe dans le parodonte une insertion perpendiculaire de fibres gingivales dans le ciment.

Enfin on remarque l'absence de ciment et de desmodonte autour de l'implant, donc l'absence de fibres de Sharpey (structure 6). L'os alvéolaire est au contact direct de l'implant.

Nous pouvons conclure de ces différences que les tissus mous péri-implantaires sont moins résistants que la gencive, notamment face à une agression bactérienne ou mécanique.

Une hauteur minimale de muqueuse péri-implantaire est donc nécessaire pour assurer protection et pérennité des reconstructions prothétiques. (19, 20)

1.2.2 Notion d'espace biologique

1.2.2.1 Au niveau des tissus parodontaux

Nous avons vu auparavant l'architecture des tissus parodontaux et péri-implantaires nécessaire à l'obtention d'une stabilité tissulaire.

Il est donc nécessaire de respecter cette architecture en toute circonstance, et c'est de ce principe qu'est né le terme d'espace biologique donné par Gargiulo et al. en 1961 (21). Il s'agit donc pour la dent d'un espace de 2 à 3 mm entre la crête osseuse et le bord de la préparation, nécessaire pour rétablir un système d'attache parodontal sain, à savoir un sulcus, une attache épithéliale et une attache conjonctive (14).

Les moyennes trouvées par Gargiulo sont 2,74 mm pour l'ensemble du complexe et 2,04 mm pour le complexe d'attache épithéliale et conjonctive.

En 1994, Vacek confirmera ces résultats (22), trouvant des valeurs relativement similaires et précisant que la hauteur de la partie conjonctive, bien qu'étant variable comme les deux autres, était plus constante et présentait une marge de variabilité plus faible. Il trouva aussi

que la dimension de cet espace biologique varie peu entre les différents sites d'un même patient (des incisives aux molaires) mais qu'elle varie significativement d'un individu à l'autre avec des valeurs allant de 0,75 mm à 4 mm, la moyenne étant de 2 mm.

Aujourd'hui, on considère communément un complexe de 1 mm pour chacune des 3 parties donc de 3 mm avec un espace biologique de 2 mm, sans compter la profondeur du sulcus.

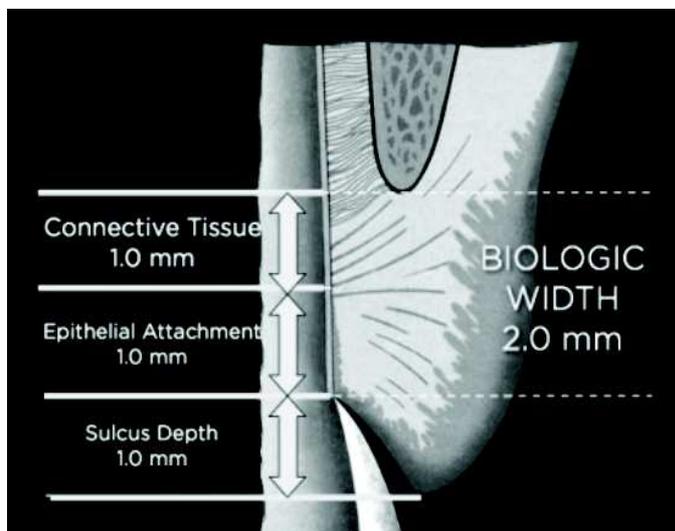


Figure 7 : Espace biologique parodontal, d'après <http://speareducation.com>

La résultante majeure de cet espace biologique est relative à la position des limites des restaurations dentaires par rapport à l'os, ainsi qu'au repositionnement post-chirurgical des tissus mous. Il a été montré que le non respect de cet espace biologique provoquait une inflammation de la gencive et un remodelage osseux qui va migrer apicalement pour permettre la reformation de cet espace biologique. (22)

1.2.2.2 Au niveau des tissus péri-implantaires

En 1997, Cochran et al. étendent ce concept d'espace biologique aux implants (23) ; les tissus mous une fois repositionnés et suturés autour de l'implant, participent à la formation d'une barrière protégeant l'os exposé et entourent l'émergence de l'implant. (16).

Toutefois, l'architecture des tissus n'étant pas la même (absence de jonction conjonctive et vascularisation amoindrie), et la fragilité des tissus mous étant donc supérieure, l'espace biologique péri-implantaire en est augmenté.

Berglundh Lindhe et Ericsson (16) ont montré que si le complexe épithélium sulculaire – épithélium de jonction n'augmente pas vraiment par rapport à leurs homologues parodontaux

(2,14 contre 2,05 mm), c'est surtout l'attache conjonctive péri-implantaire qui voit sa longueur augmenter (1,66 contre 1,12 mm). Les auteurs trouvèrent donc une moyenne de 3,80 mm pour l'espace biologique péri-implantaire contre 3,17 mm pour l'espace biologique parodontal.

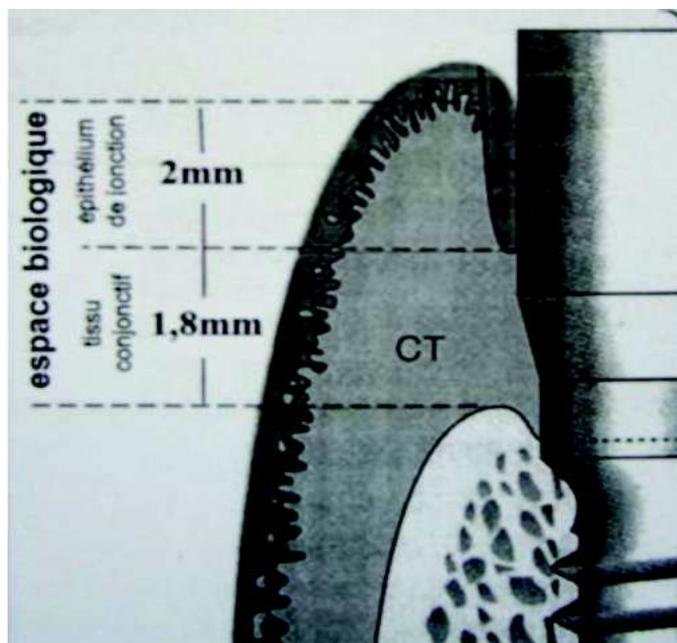


Figure 8: Espace biologique péri-implantaire, d'après Palacci et Ericsson

Le phénomène n'est pas totalement maîtrisé par la communauté scientifique, mais il semblerait que plusieurs facteurs influencent la taille de cet espace biologique péri-implantaire pour un individu, tels que la technique chirurgicale, le protocole chirurgical, la mise en charge de l'implant, la structure de l'implant, les surfaces en titane et les matériaux composant les piliers (24).

On peut donc déduire de l'importance de cet espace biologique que le maintien des tissus durs est le principal déterminant du résultat esthétique puisque son effraction peut entraîner une perte de tissus durs et donc par là même impliquer une perte de tissus mous.

Il semblerait d'autre part que les implants « one piece », n'ayant pas de jonction implant-pilier, présenteraient un espace biologique diminué comparé à celui d'implants traditionnels (25).

1.2.3 Notion de biotype gingival

Nous avons compris que le parodonte et les tissus péri-implantaires servent de protection de la dent ou de l'implant. Un facteur très important à prendre en compte est le biotype gingival, car il révèle des informations sur la résistance des tissus mous ou de leur fragilité face aux agressions mécaniques et biologiques (10).

Un biotype fin se caractérise par une gencive molle, translucide et fragile, en quantité limitée et peu kératinisée. L'os sous-jacent est festonné et fin. La forme des dents associées se traduit par une couronne triangulaire, avec des points de contacts restreints et positionnés en hauteur sur le tiers cervical.

Il résulte de ce biotype une réponse aux agressions par des récessions avec perte de papilles, le pronostic de traitement et sa stabilité étant réservé. Un réaménagement tissulaire est souvent nécessaire (10).

Un biotype épais se caractérise plutôt par une gencive dense, opaque et fibreuse, en quantité suffisante et bien kératinisée. L'os sous-jacent est relativement plat et épais. Les dents contenues ont en général un profil d'émergence plus convexe, sont de forme plutôt carrées, avec des surfaces de contact plus étendues.

Il en résulte une meilleure résistance aux agressions, la résultante étant plutôt une hypertrophie gingivale avec parfois la formation de poches. Le pronostic de traitement est alors favorable (10).

D'après Linkevicius, le remaniement osseux autour de l'implant dépend lui aussi de cette épaisseur. En effet, il a été avancé qu'une épaisseur minimale de muqueuse était nécessaire à l'établissement de l'espace biologique.

Pour un biotype fin de 2mm d'épaisseur ou moins, un remaniement osseux peut avoir lieu en vue de l'obtention de l'espace biologique, avec une perte d'os créal de 1,45mm (26).

Pour un biotype épais de 3-4 mm on peut s'attendre à une perte osseuse négligeable.

1.2.4 Ostéointégration de l'implant

1.2.4.1 Définition

Albrektson et al. ont été les premiers à définir l'ostéointégration. Cette notion est définie comme « l'ancrage direct d'un implant par la formation de tissu osseux périphérique sans interposition de tissu fibreux à l'interface os-implant. » (27-29)

D'autre part d'après Missika et Bert, l'ostéointégration ne représente pas qu'un simple contact entre l'os et l'implant. Il s'agit en fait d'une réaction biologique permettant une réelle adhésion entre l'os et la surface en titane de l'implant, adhésion qui sera maintenue dans le temps (2).

1.2.4.2 Critères de réussite

Selon Albrektson, la réussite de toute procédure implantaire dépend de l'interrelation de différents facteurs incluant notamment (30) :

1. Biocompatibilité du matériau implantaire,
2. Surface et design macroscopique et microscopique de l'implant (31),
3. Qualité du lit implantaire dans un contexte osseux sain et de bonne qualité
4. Technique opératoire per se (32, 33) (éviter la surchauffe ou la compression de l'os, bonne asepsie...),
5. Phase de cicatrisation non interrompue (34),
6. Conditions de mise en charge (la stabilité primaire de l'implant doit être supérieure aux contraintes mécaniques infligées).

La manifestation clinique d'une ostéointégration se reflète par l'absence de mobilité de l'implant, l'obtention et le maintien de la stabilité implantaire sont donc deux conditions essentielles au succès fonctionnel à long terme des prothèses ostéo-ancrées (35).

Cette stabilité est divisée en deux temps :

La stabilité primaire est obtenue lors de la mise en place de l'implant,

La stabilité secondaire est obtenue par la néoapposition osseuse au contact direct de l'implant conduisant à une surface de contact os-implant plus étendue.

1.2.4.3 Stades de l'ostéointégration

L'ostéointégration est un processus de cicatrisation préprogrammé pour réparer le défaut d'os et le faire revenir à sa forme originale. Il se fait en plusieurs phases (35) :

- formation d'un hématome occupant l'espace situé entre la surface implantaire et la préparation de l'os alvéolaire,
- libération et activation de médiateurs provenant des tissus lésés et de la circulation sanguine,
- accumulation de cellules souches inflammatoires et mésenchymateuses,
- revascularisation et formation de tissu de granulation,
- dégradation des tissus par les macrophages et les cellules géantes,
- différenciation des cellules en ostéoblastes,
- néoformation d'os immature,
- remodelage/modelage au contact direct avec la surface d'oxyde de titane de l'implant (stabilité secondaire).

L'ostéointégration est un processus lent ; il a été évalué que la première phase de cicatrisation osseuse dure 4 à 16 semaines tandis que le remodelage peut prendre 4 à 12 mois ou plus chez l'Homme. La mise en charge d'un implant est en général différée de 8 à 12 semaines (sauf dans les cas de remplacement d'arcades complètes où l'on obtient une très bonne stabilité primaire du fait de la solidarisation de multiples implants dans l'os).

Plusieurs méthodes ont été proposées pour s'assurer cliniquement de l'ostéointégration d'un implant, avec notamment (36) :

1. La pratique d'un test de mobilité clinique ; une mobilité de l'implant est la preuve de sa non ostéointégration. Une stabilité clinique ne peut cependant pas suffire pour conclure à l'ostéointégration de l'implant.
2. Des radiographies démontrant le contact apparemment direct entre l'os et l'implant ; la présence de zones radiotransparentes à la périphérie de l'implant démontre clairement la présence de tissus mous cicatriciels donc la non ostéointégration de l'implant alors que l'absence de ces zones à l'observation ne suffit pas à démontrer l'ostéointégration d'un implant.
3. L'utilisation d'un instrument en métal pour tapoter l'implant et analyser le son transmis est possible cependant il n'y a pas de « diagramme de son » typique pour différencier un implant ostéointégré d'un implant entouré de tissus fibreux.

1.2.5 Dynamique des tissus parodontaux et péri-implantaires

Les tissus parodontaux et péri-implantaires, à l'exception du ciment, sont dotés d'une capacité de renouvellement et alternent donc entre cycles de destruction et cycles de formation (37, 38). C'est ce qu'on appelle l'homéostasie.

Cette notion est très importante pour comprendre la capacité d'adaptation des tissus sains aux contraintes mécaniques et agressions biologiques (notamment bactériennes), ainsi que la différence de potentiel de guérison entre deux tissus.

On peut affirmer que l'épithélium de la gencive attachée et l'épithélium de jonction sont les premiers mécanismes de protection contre les agressions mécaniques, thermiques, chimiques et infectieuses grâce à leur renouvellement très rapide.

Le tissu conjonctif se renouvelle un peu moins rapidement que l'épithélium, alors que l'os se renouvelle de manière beaucoup plus lente.

La cicatrisation des tissus mous est donc bien plus rapide que celle de l'os et c'est pour cela que l'implant met plusieurs mois à s'ostéointégrer.

L'os, lui, comporte des propriétés mécaniques et biologiques qui lui sont propres ; il peut notamment cicatriser sans former de cicatrice et s'adapter aux charges qui lui sont appliquées en changeant de structure (35). Ce sont deux caractéristiques primordiales pour l'intégration d'un implant dans l'os.

1.2.6 Perte osseuse péri-implantaire

1.2.6.1 Perte osseuse verticale

Communément, un phénomène de perte osseuse initiale verticale a été observé dès la première année de mise en fonction des implants posés, et ce jusqu'à atteindre sa première spire (10).

Selon Albrektsson, une perte osseuse marginale maximale, mesurée sur une radiographie, de 1,5 mm lors de la première année suivant la mise en fonction et inférieure à 0,2 mm les années suivantes, est un critère de succès implantaire (28).

Ce phénomène n'est pas observé dans le cas où l'implant reste complètement enfoui ; il se développe lors du deuxième temps chirurgical pour les implants enfouis, lors de la cicatrisation d'un implant non enfoui, ou encore lorsqu'un implant enfoui est prématurément exposé au milieu buccal et ses microorganismes (39).

Selon Berglundh et Lindhe (40), une fois l'implant exposé à l'environnement et en fonction, une attache muqueuse d'une certaine dimension est requise pour assurer l'ostéointégration de l'implant. Cette résorption osseuse marginale initiale est donc le fruit de l'établissement d'un espace biologique approprié autour de l'implant.

Ce phénomène de remaniement intègre des causes complexes et controversées. Le mécanisme n'étant pas complètement compris, des études ont décrit les facteurs qui interviendraient (41) ;

- liés au patient : facteur génétique, systémique, tabac, hygiène orale (41),
- locaux : volume crestal, biotype muqueux (41) (42) (26), antécédents de maladie parodontale (41),
- chirurgicaux : type de lambeau, technique « flapless », traumatisme chirurgical à la préparation du lit implantaire (41, 43, 44),
- liés au type d'implant : niveau juxta osseux ou transgingival (41, 45, 46), macrogéométrie, microgéométrie (41, 44, 47, 48),
- biologiques : respect de l'espace biologique (41, 44, 49), infiltration bactérienne dans le microgap créé par la jonction pilier-implant et entretenant une zone inflammatoire (41, 44),
- prothétiques : type de connexion, micromouvements du pilier implantaire, nombre de réinterventions (vissage/dévissage des piliers lors des différentes étapes prothétiques), matériau du pilier (41, 44),
- biomécaniques : parafonctions, surcharge occlusale (41, 44, 50).

On peut supposer que la clé principale de cette perte osseuse initiale réside dans la fragilité de l'attache entre la muqueuse implantaire et l'implant, et que tout facteur entravant le respect de l'espace biologique ou déstabilisant l'attache des tissus mous au dispositif implantaire est susceptible de participer à cette résorption osseuse marginale (facteurs chirurgicaux, prothétiques, biomécaniques...). A ces facteurs sont associés des facteurs de fragilité, qui agissent de manière synergique à ces facteurs déstabilisants (facteurs liés au patient, facteurs locaux...).

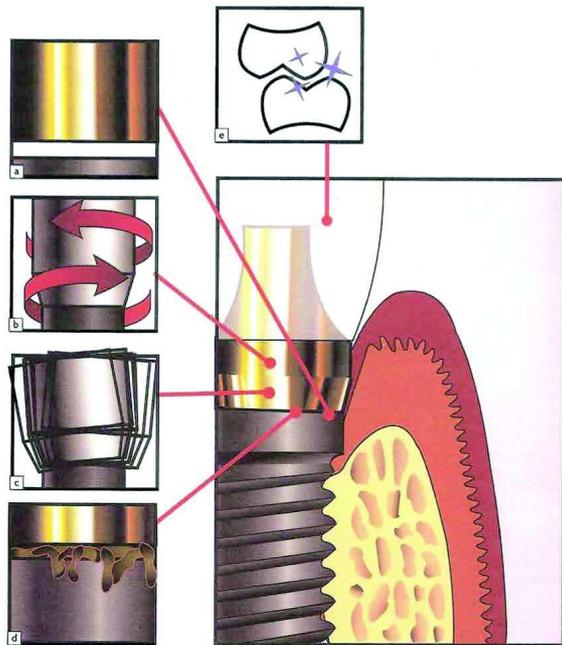


Figure 9: Les sources de perturbations tissulaires au niveau du joint implant-pilier. Davarpanah et Szmukler-Moncler, (2008).

- a** : la présence d'un micro-hiatus.
- b** : le dévissage et revissage du pilier.
- c** : les micromouvements du pilier.
- d** : l'infiltration bactérienne.
- e** : les contraintes exercées sur le complexe implant-pilier lors de la mastication.

1.2.7 Dimension horizontale

D'autre part, une dimension horizontale de cette perte marginale osseuse a été décrite par Tarnow et al. montrant l'impact de la distance entre deux implants en terme de résorption osseuse marginale (51, 52). Les auteurs mirent en évidence la présence d'une composante horizontale à la perte osseuse initiale. Ils démontrèrent une perte osseuse latérale d'environ 1,40 mm de chaque côté de la plateforme de l'implant. D'autre part, ils observèrent qu'un rapprochement de deux implants de 3 mm entre les deux plateformes entraînait une résorption d'1,04 mm de la crête osseuse inter-implantaire tandis qu'une distance de plus de 3 mm réduisait cette résorption à 0,45 mm en moyenne.

L'importance de cette découverte se reflète dans l'impact que le positionnement de l'implant peut avoir sur les probabilités de présence ou d'absence de la papille. En effet, la présence de la papille dépendant de la distance entre le point de contact entre les deux couronnes et le sommet de la crête osseuse inter-implantaire, cette composante horizontale de résorption osseuse se montre importante dans la gestion des tissus mous péri-implantaires.

Cette étude complète la notion d'espace biologique péri-implantaire en rajoutant une dimension horizontale à cet espace.

1.2.8 Pathologies des tissus péri-implantaires

La plupart de ces maladies sont inflammatoires et chroniques.

En ce qui concerne l'agression bactérienne, deux types de maladies péri-implantaires sont identifiés :

- la mucosite : qui concerne l'inflammation des tissus mous uniquement. L'agression bactérienne n'entraîne qu'une réaction inflammatoire superficielle mais n'atteint pas l'intégrité de l'attache épithéliale péri-implantaire. (53)
- la péri-implantite : qui se caractérise par une perte de jonction entre l'épithélium et l'implant ainsi qu'une lyse osseuse. Si la mucosite n'est pas traitée, cette invasion bactérienne conduit souvent à une perte d'attache épithéliale péri-implantaire. L'espace biologique étant nécessaire à la stabilité des tissus, une nouvelle attache va se former apicalement à la précédente, entraînant une perte supplémentaire de tissus osseux (forme de cratères autour de l'implant). Si cette maladie n'est pas traitée, l'instabilité des tissus péri-implantaires entraîne un risque important de perte totale de l'implant. (53)

La péri-implantite est aujourd'hui considérée comme la principale cause d'échec implantaire. Au bout de cinq ans, des péri-implantites plus ou moins prononcées peuvent être observées pour un implant sur dix.

Tableau 1 : Récapitulatif des caractéristiques des tissus péri-implantaires

<p>Histologie</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Approfondissement du sulcus, - Absence d'attache conjonctive, - Absence de desmodonte, - Tissu hypocellulaire, - Tissu hypovasculaire, vascularisation périostée uniquement.
<p>Résistance et capacité cicatricielles</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Faible résistance mécanique, - Faible capacité à la réparation et à la cicatrisation.
<p>Réponse aux stimuli extérieurs</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Sensation tactile réduite, absence d'ostéoperception ainsi que des fonctions réflexes, - Sensation tactile issue des terminaisons nerveuses périostales et de l'os environnant uniquement, - Pas de capacité adaptative : aucun mouvement de l'implant possible à travers les tissus osseux.
<p>Espace biologique</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Espace biologique augmenté à 3,8 mm (contre 3,17 mm pour les tissus parodontaux), - Résorption osseuse péri-implantaire initiale considérée comme physiologique, permettant l'établissement de cet espace biologique, - Variabilité de la taille de l'espace biologique d'origine multifactorielle : présence de facteurs intrinsèques systémiques, anatomiques, comportementaux et de facteurs extrinsèques.

DEUXIEME PARTIE

2. LE CONCEPT PLATFORM SWITCHING

2.1 Définition

Le platform switching consiste en l'utilisation d'un pilier implantaire de diamètre inférieur à celui du col de l'implant. Cette technique s'oppose au platform matching, faisant référence à l'utilisation d'un pilier de diamètre similaire à celui du col de l'implant (54).

2.2 Historique

Historiquement, des composants prothétiques de diamètre équivalent à celui du col de l'implant étaient utilisés pour les restaurations prothétiques supra-implantaires.

Dès 1985, le système Ankylos a proposé un pilier conique dont le diamètre était plus étroit que celui de la plateforme implantaire. En 1991, la société Implant Innovations (3i) a introduit sur le marché des implants de large diamètre (5 et 6 mm) dans le but d'augmenter la surface de contact os-implant dans les cas de faible hauteur alvéolaire où des implants plus courts étaient posés. Ces implants de large diamètre permettaient aussi d'augmenter la stabilité primaire dans les zones de qualité osseuse déficitaires (os de type IV). Cependant, les piliers correspondants n'étaient pas disponibles et des implants de large diamètre ont reçu des piliers de diamètre standard (4,1 mm). Différents diamètres d'implants étaient donc utilisés pour le même modèle de pilier implantaire.

L'introduction des implants de large diamètre a donc créé une situation dans laquelle des piliers de diamètre inférieur ont été utilisés par simple manque de disponibilité commerciale.

Par sérendipité, après 5 ans, il a été évalué autour de ces implants une perte osseuse marginale initiale inférieure à ce que l'on attendait. Plusieurs études cliniques ont alors promu une réponse favorable des tissus mous et durs à ces implants, conduisant beaucoup de compagnies à incorporer ce concept à leur système implantaire, même pour des implants de diamètre plus étroit.

Le terme « platform switching » est ainsi né en 2005, décrit par Lazzara et al. (39) ainsi que Baumgarten et al. (54) comme un nouveau concept pour préserver la crête alvéolaire marginale (54).

Dans son étude, Baumgarten présente l'implant Certain Prevail de chez 3i.

Son design utilise une surface implantaire modifiée appelée Osseotite, dans le but de maximiser la surface de contact os-implant.

D'autre part, l'implant présente un design particulier dans le sens où son col est légèrement élargi par rapport au corps, atteignant 4,8 mm de diamètre et formant un angle d'environ 30° avec le plateau, dans le but d'améliorer l'engagement dans la crête alvéolaire, d'obtenir un meilleur comblement de l'alvéole après extraction dans le cas d'extraction – implantation immédiate, et enfin d'augmenter la stabilité primaire.

Le col se resserre ensuite légèrement à 4,1 mm avec une pente à 15° pour former la plateforme restauratrice à laquelle sera connecté le pilier. Ce resserrement de 4,8 à 4,1 mm a pour objectif de transposer en direction interne, déplaçant par la même occasion l'infiltrat inflammatoire à distance de l'os environnant. C'est donc ce décalage de 0,7 mm qui constitue le concept de platform switching.

Enfin, pour réussir à obtenir l'effet désiré et maintenir une profondeur de tissus mous adéquate, Baumgarten préconise le placement de l'implant à différents niveaux de l'os en fonction de la hauteur des tissus mous ainsi que de l'espace interocclusal.

L'implant sera placé de manière juxta-osseuse si la hauteur des tissus mous et l'espace interocclusal sont suffisants.

Il sera placé de manière infra-osseuse si l'un des deux facteurs est défavorable (54).



Figure 10 : design de la plateforme de l'implant Certain Prevail d'après Baumgarten et al. (2005)

Dans leur étude, Baumgarten et al. ont observé qu'avec l'implant Certain Prevail, la lyse osseuse péri-implantaire initiale pouvait être amplement réduite voir éliminée, en utilisant des composés prothétiques inférieurs au diamètre du col de l'implant. Cependant ils n'isolent pas le rôle unique de ce concept platform switching dans la mesure où deux autres facteurs

susceptibles d'intervenir sont présents ; un état de surface modifié ainsi qu'un design de col implantaire particulier ont été utilisés, ceci dans le but d'augmenter la surface de contact avec l'os, d'améliorer la stabilité primaire, de mieux étanchéifier le site d'extraction dentaire et d'améliorer l'ostéointégration.

2.3 Concept et intérêt clinique

Le concept platform switching consiste donc en l'assemblage d'un implant et d'un pilier implantaire dont les diamètres divergent.

Différentes théories existant pour expliquer l'existence de cette lyse osseuse marginale, le platform switching est donc soupçonné d'agir sur différents paramètres.

2.3.1 Sur le plan biologique

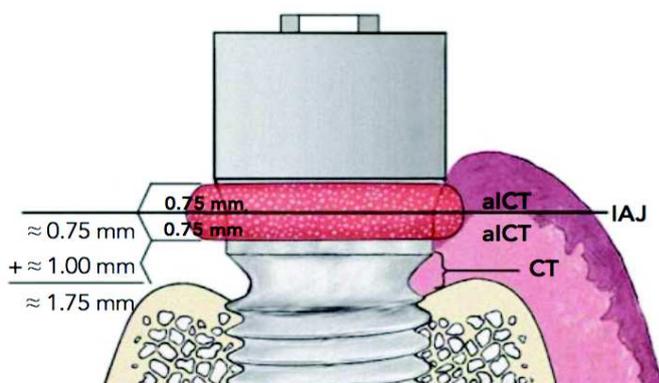


Figure 11 : Impact de l'infiltrat inflammatoire sur l'établissement de l'espace biologique péri-implantaire d'après Lazzara et al. (2005)

Représentation de l'infiltrat inflammatoire de 0,75 mm séparé de la crête osseuse par un manchon conjonctif d'environ 1 mm. L'espace biologique serait donc de 1,75 mm selon Lazzara.

Tout d'abord, le fait d'utiliser le platform switching crée un décalage de la jonction pilier-implant vers le centre de l'implant. L'infiltrat inflammatoire, décrit par Ericsson et al. (55) et Abrahamsson et al. (56) induit par le micro-gap au niveau de cette jonction, est donc légèrement éloigné de l'os ce qui réduirait significativement son impact en terme de résorption de l'os environnant (39, 57).

D'autre part, le fait d'utiliser un pilier de plus petit diamètre procure un volume d'attache plus important pour le tissu conjonctif environnant, offrant une meilleure résistance et une plus

grande étanchéité aux agressions du milieu extérieur (58). Il y a donc une réduction du remaniement osseux nécessaire à l'établissement de l'espace biologique.

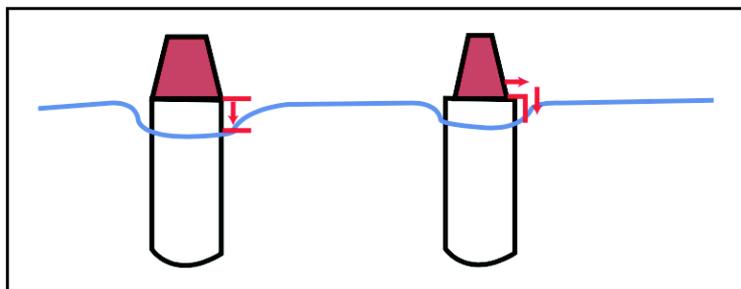


Figure 12 : L'espace biologique tridimensionnel du concept platform switching d'après Trammel (2009)(59).

D'autre part, le platform switching permettrait de limiter la propagation de cet infiltrat inflammatoire. Dans le cas du platform matching, nous nous retrouvons dans une situation d'exposition directe avec l'os de 180°. Le platform switching crée lui un rebord implantaire et donc une surface d'exposition de l'infiltrat inflammatoire limitée à 90°. Cette diminution d'exposition à l'inflammation serait elle aussi responsable d'une plus faible lyse horizontale (39, 60).

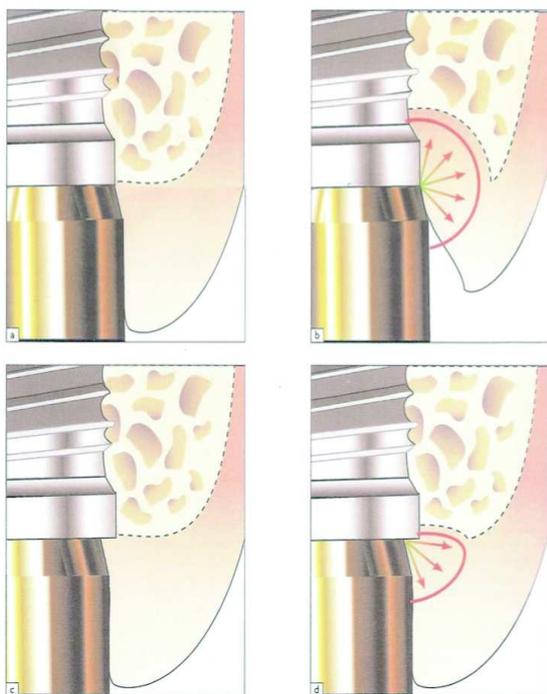


Figure 13 : Principe du platform-switching. Davarpanah et Szmukler-Moncler, (2008)

- a: Joint implant-pilier classique en bout à bout.
- b: Orientation de la diffusion de l'inflammation chronique au joint implant-pilier.
- c: Décalage en retrait du joint implant-pilier ou application du platform-switching.
- d: Orientation de la diffusion de l'inflammation chronique avec le platform-switching.

L'ensemble de ces paramètres faciliteraient et renforceraient l'établissement de l'espace biologique autour de l'implant.

2.3.2 Sur le plan biomécanique

La mise en charge d'un implant supportant un pilier entraîne obligatoirement des micro-mouvements au niveau de la jonction entre les deux pièces, exerçant des contraintes sur l'os environnant et empêchant donc une attache des tissus mous sur cette interface. L'espace biologique ne peut donc s'établir correctement qu'en dessous de cette zone. D'autre part, les contraintes exercées directement sur l'os se traduisent par une lyse osseuse en regard. Des études utilisant la méthode des éléments finis (FEM) ont montré que l'utilisation d'un pilier de diamètre inférieur déplacerait ces contraintes occlusales à distance de l'interface os/implant ayant pour résultat une préservation de cet os péri-implantaire (49) et la mise en place de l'espace biologique le long du retrait entre l'implant et le pilier. La lyse osseuse ne serait donc projetée plus apicalement et serait donc plus limitée.

Par ailleurs, le système platform switching entraînerait une diminution mesurable des contraintes occlusales transmises au niveau de l'os crestal quelle que soit la direction de la force (61, 62). Certaines études évaluent cette diminution des contraintes à hauteur de 2 à 7% (49), d'autres suggèrent un impact beaucoup plus important, de l'ordre de 80% (63), et enfin certaines ne montrent aucun impact pour une différence de diamètre de 0,5 mm (64).

Cette modification de répartition des contraintes entraînerait donc un déplacement des contraintes vers le centre de l'implant et augmenterait par conséquent les contraintes exercées sur le pilier et la vis du pilier (61, 63). Il serait donc intéressant de trouver le meilleur rapport de taille entre le diamètre du pilier et celui du col de l'implant, de manière à maximiser l'effet du concept platform switching sans exposer le pilier et la vis à des risques de fracture trop sévères.

Le platform switching jouerait donc un rôle dans la préservation de l'os, et ce en agissant sur différents facteurs. D'autre part, certaines sociétés prônent l'association de ce concept à des implants spécifiquement dessinés pour tirer encore un meilleur bénéfice de ce concept, notamment par l'utilisation de connexions rigides de type « cône morse », en élargissant le col de l'implant, ou encore en jouant sur l'état de surface du col de l'implant, le but étant d'augmenter de façon synergique les facteurs de préservation de l'os.

2.3.3 Sur le plan esthétique

Si la réduction de perte osseuse péri-implantaire constitue un critère de succès implantaire (65), la conséquence de cette préservation osseuse obtenue avec le platform switching est surtout d'intérêt esthétique puisqu'elle induira la préservation des tissus mous péri-implantaires.

Tarnow, dans une étude, a démontré qu'un facteur important dans la prédétermination de la hauteur d'une papille interdentaire était la distance entre le point de contact interdentaire et le sommet de la crête osseuse (66). En effet, dans le cas d'une dent, une distance de 5 mm entre le point de contact et le sommet de la crête alvéolaire entraînerait une présence de la papille dans 100% des cas. Cette fréquence diminuerait en corrélation avec l'augmentation de la distance entre le point de contact et le sommet de la crête.

Cependant, il a été démontré que dans le cas d'un implant cette règle n'est plus vraie. En effet, au-delà de 5 mm, dans le cas d'un implant, la papille est presque systématiquement absente. Il a été convenu qu'une distance optimale entre 2 et 4 mm pouvait permettre de prédire une présence quasi systématique de la papille.

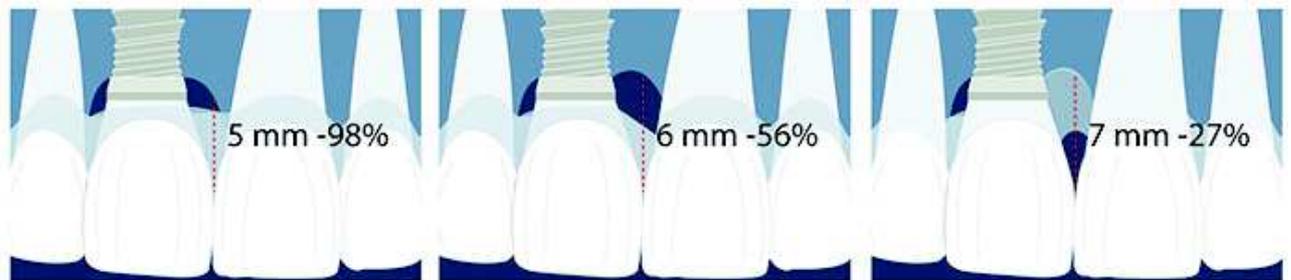


Figure 14 : Différentes distances du point de contact à la crête osseuse et probabilité de présence de la papille, d'après <http://periospot.com>

Plus cette distance est grande, moins il y a de probabilité d'observer une papille remonter jusqu'au point de contact.

Le concept de platform switching pouvant induire une sauvegarde verticale du niveau du sommet de la crête alvéolaire péri-implantaire, il s'agit donc d'un gain de tissus mous dans un axe vertical, prévenant l'exposition inesthétique du col de l'implant.

D'autre part, sur un axe horizontal, une diminution des distances (classiquement reconnues comme 3 mm entre deux implants et 1,5 mm entre un implant et une dent) serait attribuée au système du platform switching (51, 67). Elian et al. ont montré que le platform switching

permettait d'avoir des résultats similaires pour des distances inter-implantaires de 2 et 3 mm (67).

Cela permettrait une meilleure gestion des zones esthétiques au niveau des espaces restreints comme au niveau des incisives latérales maxillaires ou bien des incisives mandibulaires, zones où le maintien de la papille inter-dentaire est délicat.

2.4 Arguments allant à l'encontre du concept platform switching

Actuellement, le choix d'utiliser le système platform switching est principalement influencé par les recommandations des fabricants d'implants. Il serait pourtant plus recevable qu'il soit le fruit d'un processus décisionnel fondé sur la preuve à l'appui de littérature scientifique.

Cependant, certaines études n'ont pas pu conclure à un impact significativement favorable pour le concept platform switching.

Baggi et al. attribuent la préservation osseuse péri-implantaire uniquement à l'utilisation d'implants de large diamètre (68). En effet, l'augmentation de la taille de l'implant entraînerait une augmentation de la surface de contact os-implant et influencerait donc la transmission des contraintes et les taux de survie implantaire (69).

Linkevicius et al. ont partiellement reconnu le rôle du platform switching mais l'ont limité à des situations excluant les cas cliniques présentant un biotype fin, critère ayant un rôle primordial sur le remodelage osseux péri-implantaire (70).

Crespi et al. ne retrouvent pas d'avantages liés au platform switching par rapport au système conventionnel à hexagone externe dans les situations d'extraction – implantation immédiate après 24 mois (71).

Hsu et al. ont déduit de leurs études reposant sur la méthode des éléments finis, que le platform switching conduisait à une légère mais insignifiante réduction, inférieure à 10%, des contraintes sur l'os crestal avec le platform switching pour une différence de diamètre égale à 0,5 mm entre l'implant et le pilier (72).

Vigolo et al., dans leur étude, reconnaissent un impact positif du platform switching sur la préservation osseuse après 1 an. Cependant, après 5 ans, ils observent une différence de niveau osseux insignifiante entre ce système et le système conventionnel, contrairement à ce qui avait pu être observé après 1 an (73).

Enfin, Romanos et al. remettent en question l'impact réel du platform switching et préfèrent mettre en avant d'autres facteurs tels que le design du col implantaire, le positionnement tridimensionnel de l'implant, concept prothétique, le type de connexion entre l'implant et le pilier (comme le cône morse), l'épaisseur de crête alvéolaire, et la prévention des micromouvements à l'interface entre le pilier et l'implant (74).

Nous avons vu que le concept platform switching serait susceptible de jouer sur plusieurs facteurs précédemment évoqués concernant les causes de la perte osseuse marginale péri-implantaire, notamment la formation d'un espace biologique, la position du joint entre le pilier et l'implant et de son infiltrat inflammatoire, et les contraintes biomécaniques exercées par les micromouvements du pilier sur l'os environnant.

Cependant, la présence d'études controversant le rôle du platform switching, notamment sur le plan biomécanique, nous amène à nous interroger sur la preuve scientifique autour de ce concept et sur les origines de ces résultats divergents.

C'est pourquoi nous nous proposons, dans une troisième partie, d'étudier et comparer un ensemble de revues systématiques et méta-analyses s'interrogeant sur l'efficacité clinique de ce concept.

Table 2 : Tableau récapitulatif des avantages attribués au concept platform switching d'après Lazzara et al. (2005) (39)

Aspect biologique	<ul style="list-style-type: none"> - Eloignement de l'infiltrat inflammatoire de l'os environnant - Augmentation de l'espace disponible à l'établissement de l'espace biologique - Modification de l'orientation de la diffusion de l'infiltrat inflammatoire
Aspect biomécanique	<ul style="list-style-type: none"> - Déplacement des contraintes mécaniques occlusales vers le centre de l'implant et à distance de l'os environnant - Diminution des contraintes transmises à l'os - Augmentation des contraintes transmises à la vis du pilier
Aspect esthétique	<ul style="list-style-type: none"> - Préservation osseuse augmentant la probabilité de présence de la papille inter-coronaire - Préservation osseuse permettant le maintien du niveau des tissus mous péri implantaires

TROISIEME PARTIE

3. ETUDE DE META-ANALYSES

3.1 La médecine basée sur la preuve

Les 20 dernières années ont présenté une ascension remarquable du nombre de publications décrivant l'évaluation de l'efficacité des traitements. L'émergence progressive de notions de « qualité » et de « niveau de preuve » pour une étude en est une conséquence. C'est pourquoi on peut se poser la question suivante : « Est-ce qu'une étude est « meilleure » qu'une autre ? » ou bien « Devrions-nous avoir plus confiance dans les résultats d'une étude plutôt qu'une autre ? » (75).

La littérature scientifique s'est accordée sur différents niveaux de preuve scientifique en fonction du type d'étude menée (76), permettant au clinicien de mêler ces données de la recherche à son expérience clinique pour pratiquer ce que l'on appelle aujourd'hui « l'evidence-based medicine », soit la médecine basée sur la preuve (77).

3.1.1 Les essais contrôlés randomisés

Les essais les plus fiables en terme de niveau de preuve, et qui constituent le « gold standard » des études scientifiques, sont les essais randomisés contrôlés (76).

3.1.2 Revue systématique

Petticrew et Roberts affirment qu'une étude simple prise isolément est souvent trompeuse, et qu'il ne faut jamais se fier aux résultats d'une seule étude (78). Seul un large échantillon d'études, s'interrogeant sur le même phénomène, peut nous apporter une réponse fiable. C'est le rôle des revues systématiques.

Les revues systématiques se proposent de répondre à une question par l'étude qualitative d'études choisies pour leur qualité méthodologique. Leur but est donc d'identifier, évaluer et synthétiser toutes les études pertinentes sur un sujet donné (79).

Dans une revue systématique, la validité finale repose en partie sur la validité de chacun des essais individuels poolés. (75) C'est pourquoi différentes échelles et scores ont été proposés pour juger de la qualité méthodologique des essais cliniques menés (80), tel que le score Jadad, qui est l'échelle la plus utilisée. (81)

3.1.3 Les méta-analyses

Certaines revues systématiques, au-delà de cette étude qualitative, se proposent en plus de mener une méta-analyse, c'est à dire une étude quantitative des résultats reportés dans l'étude, à l'aide de techniques permettant de synthétiser statistiquement le résultat de toutes ces études en une estimation quantitative unique de la taille de l'effet avec une précision optimale (82).

La méta-analyse a aussi pour objectif d'évaluer l'hétérogénéité au sein des résultats des différentes études, permettant d'estimer un effet commun du traitement avec une précision augmentée. Le calcul de valeurs telles que χ^2 et I^2 permet d'estimer cette hétérogénéité (83). En fonction de l'importance de l'hétérogénéité mesurée, différents modèles statistiques peuvent être appliqués tels que le « fixed effect model » (84) et le « random effect model » (84, 85).

Les analyses de sous-groupes sont un moyen d'expliquer cette hétérogénéité et d'émettre des hypothèses sur l'influence de variables sur l'effet traitement. (84, 86, 87).

La méta-analyse donne enfin des moyens de rechercher ces biais de publications à l'aide de graphiques « funnel plots » (88-90).

Cette synthèse produit donc un gain de puissance statistique dans la recherche de l'effet d'un traitement et permet en cas de résultats apparemment discordants d'obtenir une vue globale de la situation.

De ce fait, nous essaierons de décrire, dans l'ordre chronologique, différentes méta-analyses traitant du platform switching proposées par la littérature puis de les comparer avec pertinence.

Il existe six méta-analyses étudiant l'effet du platform switching. Nous étudierons en détail deux méta-analyses ; celle d'Annibali et al. (2012) car il s'agit de la méta-analyse la plus rigoureuse d'un point de vue méthodologique, et celle de Santiago et al. (2016) car il s'agit de la méthode la plus récente et disposant du plus grand nombre d'essais randomisés contrôlés.

3.2 Etude des différentes méta-analyses autour du concept platform switching

3.2.1 Revue systématique et méta-analyse d'Atieh et al. 2010

Atieh et al. furent les premiers à mener une méta-analyse au sujet du platform switching (91). Leur objectif est de mener une étude systématique du remodelage osseux péri-implantaire et de la survie des implants platform switching, comparé aux implants platform matching, puis de synthétiser les résultats sous forme de méta-analyse. 10 études publiées entre 2007 et 2010 furent retenues (57, 59, 71, 92-98). Parmi les dix études, sept (59, 92-97) sont des essais randomisés contrôlés, et trois (57, 71, 98) sont des essais cliniques contrôlés.

Des 10 études, 7 concluent à un avantage significatif du platform switching (57, 59, 92, 93, 95, 97, 98) tandis que 3 études ne trouvèrent aucune différence significative entre les deux groupes (71, 94, 96).

Atieh et al. ont mené la première méta-analyse évaluant la résorption osseuse autour des implants platform switching. Les résultats montrent une meilleure stabilisation de l'os autour des implants intégrant le concept de platform switching avec une différence des moyennes MD -0.37 mm (95% CI: -0.55 to -0.20; P <0.0001). Cependant le taux de succès implantaire n'en serait pas affecté.

L'analyse des sous-groupes permet selon Atieh et al. de montrer qu'un mismatching inférieur à 0,4 mm de chaque côté ne permet pas d'obtenir une différence statistiquement significative entre le platform switching et le platform matching (MD = -10). D'autre part, il a été remarqué que l'effet du platform switching reste limité la première année et que la différence est plus significative à plus long terme.

Une critique faite par les auteurs fut le manque d'études se focalisant sur l'évaluation esthétique des tissus mous car l'évaluation de la perte osseuse n'est qu'un moyen substitut pour spéculer sur l'impact clinique réel du platform switching.

3.2.2 Revue systématique et méta-analyse d'Annibali et al. 2012

En 2012, Annibali et al. ont aussi décidé de mener une revue systématique avec méta-analyse à propos de l'efficacité clinique du platform switching, avec pour objectif de proposer une revue de qualité méthodologique supérieure (99).

Atieh et al. (91) avaient dans leur revue décidé d'intégrer ensemble des essais randomisés contrôlés avec des essais non randomisés.

D'autre part, les auteurs de la présente revue soulignent que des données mesurées sur des groupes répartis en bras parallèles et des groupes répartis sous le mode « split-mouth study » ont été combinées ce qui, selon certains statisticiens, pourrait mener à une interprétation erronée des résultats, affectant potentiellement l'estimation de l'effet traitement (100, 101). En effet, les essais randomisés split-mouth, où les traitements évalués sont attribués de manière aléatoire à différentes zones de la cavité buccale, permettraient un gain de puissance statistique par rapport aux essais en bras parallèles. Cependant, l'estimation de l'effet traitement peut être biaisée par un effet de contamination (carry-over effect) (101). Certains auteurs ont suggéré que les effets traitement estimés par les essais split-mouth différaient de ceux fournis par les essais en bras parallèles.

Enfin, la pose de plusieurs implants sur le même patient peut engendrer un « effet cluster » sur le résultat mesuré, du fait d'éventuels cofacteurs internes au patient, ce pourquoi les études systématiques devraient préférablement reporter des résultats basés sur le patient comme unité de mesure et non pas sur l'implant lui même (102).

L'objectif d'Annibali et al., à travers cette revue, est donc d'apporter une revue systématique avec la plus haute preuve disponible (essais randomisés contrôlés), prenant en compte à la fois l'effet « patient-cluster » et l'impact du design de l'étude, pour évaluer la différence en terme de survie implantaire et en terme de résorption osseuse péri implantaire entre les implants restaurés selon le concept du platform switching et ceux restaurés selon le concept classique du platform matching.

3.2.2.1 Résultats

10 essais randomisés (59, 71, 92, 93, 95-97, 103-105) correspondant aux critères de sélection et considérés comme pertinents furent inclus pour l'extraction des données.

3.2.2.1.1 Revue systématique

3.2.2.1.1.1 Sélection des patients

Toutes les études ont exclu les patients avec des affections systémiques (diabète, radiothérapie, biphosphonate, alcoolisme, abus de drogues, tabagisme supérieur à 20 cigarettes par jour etc.) à l'exception d'Hürzeler et al. qui n'ont pas spécifié les critères de sélection des patients (95).

D'autre part, des facteurs locaux d'exclusion furent utilisés, notamment les parafunctions, les sites d'implantations inadéquats d'un point de vue infectieux ou dimensionnel, ou encore une hygiène buccale insuffisante.

3.2.2.1.1.2 Procédure chirurgicale

Sept études ont évalué des implants posés au niveau de sites cicatrisés, alors que trois études ont considéré des implants posés immédiatement après extraction, et restaurés immédiatement par des prothèses provisoires.

Table 3 : Choix de la procédure chirurgicale des différents essais inclus à la méta-analyse d'Annibali et al.

	Canullo 2009	Canullo 2010	Canullo 2011	Crespi 2009	Enkling 2011	Hürzeler 2007	Kielbassa 2009	Pieri 2011	Prosper 2009	Trammell 2009
A	immédiat	différé	différé	immédiat	différé	différé	différé	immédiat	différé	différé
B	immédiat	différé	différé	immédiat	différé	inconnu	immédiat	immédiat	différé	différé

A : placement de l'implant

B : mise en charge de l'implant

Dans sept études, (Hürzeler et al. 2007, Canullo 2009, 2010, 2011, Prosper et al. 2009, Trammell et al. 2009, Enkling et al. 2011) les chirurgiens ont placé les implants au niveau crestal (59, 92, 93, 95, 97, 104). Crespi et al. ont posé leurs implants 1 mm subcrestal, alors que Pieri et al. les ont posé à niveau supracrestal. (71, 105) Kielbassa et al. n'ont eux pas précisé le niveau de pose de leurs implants.

Table 4 : Choix du positionnement vertical des implants des différents essais inclus à la méta-analyse d'Annibali et al.

Canullo 2009	Canullo 2010	Canullo 2011	Crespi 2009	Enkling 2011	Hürzeler 2007	Kielbassa 2009	Pieri 2011	Prosper 2009	Trammell 2009
crestal	crestal	crestal	subcrestal	crestal	crestal	inconnu	supracrestal	crestal	crestal

Certains essais ont utilisé des procédures de régénération mineures (Canullo et al. 2009, Kielbassa et al. 2009, Pieri et al. 2011) (92, 96, 105) ou majeures (Canullo et al. 2010) (93), alors que la majeure partie des essais n'ont utilisé aucune procédure de ce type (59, 71, 95, 97, 103, 104).

3.2.2.1.1.3 Caractéristiques implantaires

Nous retrouvons, dans la globalité, des implants titane coniques. Hürzeler et Crespi n'ont pas précisé la macrostructure (cylindrique ou conique) des implants posés. (71, 95)

Dans la plupart des cas, les implants non seulement montrèrent une surface sablée et mordancée à l'acide, mais aussi présentèrent une surface pulvérisée au plasma avec Crespi et al. (71) ou enrichie au calcium et phosphate avec Pieri et al. (105). Hürzeler et al. ne précisent pas cet aspect.

Des cols usinés ont parfois été utilisés sur 0,3 mm par Canullo et al. (92, 93, 104), ou sur 0,8 mm par Crespi et al. (71). Prosper et al. (97) n'ont utilisé que des implants avec surface uniformément rugueuse.

Les cinq autres revues n'ont pas clarifié cet aspect.

Table 5 : Caractéristiques implantaïres des différents essais inclus à la méta-analyse d'Annibali et al.

	Diamètre implantaïre (mm)	Longueur implantaïre (mm)	Taille du mismatching (mm de chaque côté)	Type de connexion
Canullo 2009	PS: 5,5 PM: 5,5	13.0	0.85	Double connexion interne
Canullo 2010	PS: 4,3 ; 4,8 ; 5,5 PM: 3,8	13.0	0.25, 0.5, 0.85	Double octogone interne
Canullo 2011	PS: 3,8 ; 4,3 ; 4,8 ; 5,5 PM: 3,8 ; 4,3 ; 4,8 ; 5,5	13.0	0,25 ; 0,5 ; 0,85	Double octogone interne
Crespi 2009	PS: 4,5 ; 5,5 PM: 3,8 ; 5,0	PS: 14.0; PM: 13.0	0.25, 0.35	PS : cône morse interne PM : hexagone externe
Enkling 2011	PS: 4,0 PM: 4,0	9,5	0.35	Hexagone interne avec verrou d'adaptation
Hürzeler 2007	PS: 5,0 PM: 5,0	Non clarifié	0.45	Non renseigné
Kielbassa 2009	PS: 3,5 ; 4,3 PM: 3,5 ; 4,3	PS: 10.0, 11.5, 13.0, 15.0; PM: 8.0, 10.0, 13.0, 16.0	0.25	PS : connexion interne ou externe PM : connexion interne
Pieri 2011	PS: Non clarifié PM: Non clarifié	Non clarifié	0.35	PS : cône morse PM : connexion interne standard
Prosper 2009	PS (corps/col) : 3,3/3,8 ; 3,8/4,5 ; 4,5/5,2 PM : 3,3 ; 3,8 ; 4,5	13.0	0.5, 0.7	Connexion interne
Trammell 2009	PS: 4,0 ; 5,0 ; 6,0 PM: 4,0 ; 5,0 ; 6,0	8.5, 10.0, 11.5, 13.0	0.45	Connexion interne Certain®

3.2.2.1.1.4 Types de restaurations

Les restaurations finales furent simples chez Canullo 2009, Crespi, Enkling, Pieri et Kielbassa (71, 92, 96, 103, 105), ou multiples et scindées chez Kielbassa et Canullo 2010 (93, 96). Les autres essais ne clarifient pas ce point.

Les études incluses ont uniquement évalué des implants restaurés avec des prothèses fixes supra-implantaïres. Aucune étude évaluant des implants restaurés à l'aide de prothèses amovibles n'a été incluse.

3.2.2.1.1.5 Mesures radiographiques

La résorption osseuse fut mesurée par radiographie péri-apicale digitale ou scannée à haute résolution de manière standardisée sauf dans l'étude d'Enkling (103) qui utilisa des radiographies panoramiques digitalisées. Nous noterons que cela peut affecter la précision des mesures.

La standardisation se fit grâce à des angulateurs radiographiques. Cependant Hürzeler, Canullo 2009 et 2010 ainsi que Kielbassa n'utilisèrent pas de procédé de standardisation.

Tous les auteurs utilisèrent des logiciels de mesure, prenant comme point de référence la jonction implant-pilier, ainsi que le niveau le plus coronaire de l'os ou simplement le niveau osseux observé, sauf dans l'étude d'Hürzeler et Canullo 2011, qui ne spécifièrent pas des points de références pour les mesures.

3.2.2.1.1.6 Risques de biais intra-étude

Bien que les études incluses soient toutes des essais randomisés contrôlés, l'analyse de la qualité méthodologique a suscité certaines sources de biais potentiels.

Table 6 : Qualité méthodologiques des différents essais inclus à la méta-analyse d'Annibali et al.

	Canullo 2009	Canullo 2010	Canullo 2011	Crespi 2009	Enkling 2011	Hürzeler 2007	Kielbassa 2009	Pieri 2011	Prosper 2009	Trammell 2009
A	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+
B	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-
C	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
D	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-
E	+	-	+	+	+	+	-	+	-	+
F	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+
G	+	+	?	+	+	?	?	+	?	?

A : Qualité de la randomisation (biais de sélection)

B : Dissimulation des allocations (biais de sélection)

C : Aveuglement des patients et du personnel intervenant (biais de performance)

D : Aveuglement des évaluateurs des résultats (biais de détection)

E : Données de résultats incomplètes (biais d'attrition)

F : Report de résultats sélectif (biais de report)

G : Autres biais

+: Satisfaisant

- : Insatisfaisant

? : Non clarifié

Un score de Jadad maximum de 4 pour l'étude de Canullo et al. (2009) a été trouvé. Les auteurs considèrent que 7 des études dépassent le score Jadad de 3 et peuvent ainsi être considérées comme méthodologiquement acceptables.

3.2.2.1.2 Résultats et conclusions des différents essais inclus à la méta-analyse

Table 7 : Résultats et conclusions des différents essais inclus à la méta-analyse d'Annibali et al.

Etude	Suivi (mois)	MD (mm)	Conclusions
Hürzeler 2007 (95)	12	-1,8	<ul style="list-style-type: none"> - Rôle du platform switching dans la préservation du niveau vertical de l'os péri-implantaire. - Rôle confirmé après 1 an de mise en charge. - Un mismatching de 0,45 mm semble suffisant pour préserver l'os péri-implantaire. - De futures études longitudinales à échantillon de plus grande taille devraient confirmer ces résultats.
Canullo 2009 (92)	25	-0,89	<ul style="list-style-type: none"> - Cette étude préliminaire suggère que l'implantation immédiate d'implants unitaires restaurés selon le concept platform switching pourrait conférer de la stabilité osseuse. - Les limitations quant au design de l'étude empêchent toute conclusion définitive quant au mérite de l'utilisation du concept platform switching. - Cependant, au vu des résultats satisfaisants quant à l'ostéointégration et la préservation osseuse, les chercheurs devraient être encouragés à de futures investigations.
Crespi 2009 (71)	24	-0,05	<ul style="list-style-type: none"> - Les implants placés immédiatement après extraction suivis de leur mise en charge immédiate représentent une technique prédictible, avec aucune différence de remodelage osseux entre les implants platform switching et les implants classiques à hexagone externe après 24 mois.
Kielbassa 2009 (96)	12	0,16	<ul style="list-style-type: none"> - Aucune différence significative en terme de résorption osseuse n'a été trouvée entre les deux groupes étudiés après 12 mois. - Le NobelActive peut être utilisé pour une mise en charge immédiate. - Cependant il est important d'apporter de futures études à suivi long terme pour confirmer la pérennité de cet implant.

Prosper 2009 (97)	24	-0,12	<ul style="list-style-type: none"> - Les implants à plateforme élargie peuvent entrainer une meilleure préservation osseuse comparé aux implants cylindriques conventionnels et ce indépendamment du type de connexion de pilier. Cependant, au sein du groupe des implants cylindriques, un avantage des implants restaurés par le platform switching a été mis en évidence par rapport aux implants restaurés selon le concept du platform matching. - Avantage présent indépendamment du protocole implantaire (enfoui / non enfoui). - L'effet positif du concept platform switching semble supérieur lorsqu'utilisé sur des implants à plateforme élargie.
Trammell 2009 (59)	24	-0,2	<ul style="list-style-type: none"> - Une différence faible, mais mesurable en terme de résorption osseuse péri-implantaire, a été observée sur deux ans en faveur du concept platform switching. - Le substitut radiographique à l'espace biologique s'est montré constant, indépendamment de la taille du pilier, sans différence significative. - La théorie du platform switching continue à se montrer vraie, et serait un résultat de l'espace biologique. - Dû au faible nombre de participants à cette étude, de futures études à large échantillon étudiant des connexions différentes sont nécessaires pour valider ce résultat.
Canullo 2010 (93)	33	-0,65	<ul style="list-style-type: none"> - Cette étude suggère que le phénomène de résorption osseuse pourrait être lié au degré de « mismatching » entre l'implant et son pilier. Les niveaux osseux péri-implantaires ont été mieux préservés sur les implants restaurés selon le concept platform switching. - Cette étude pourrait établir un lien entre le degré de platform switching et le degré de résorption osseuse. - Ces résultats pourraient être attribués à un espace plus large pour le repositionnement horizontal de l'espace biologique, et/ou une meilleure distribution des forces de stress. - De futures études expérimentales et cliniques aideront à dénouer les processus biologiques impliqués ainsi que la véracité de ces résultats à long terme.
Canullo 2011 (104)	36	-0,79	<ul style="list-style-type: none"> - Dans la limite de cette étude, la quantité et la qualité osseuse individuelle (en fonction des marqueurs TNF-α et biglycan) semblent être liées à la résorption osseuse péri-implantaire. - La variabilité immunohistochimique inter-individuelle suggère qu'en plus du platform switching, des facteurs individuels pourraient aussi affecter la résorption osseuse.

Enkling 2011 (103)	12	-0,05	<ul style="list-style-type: none"> - Cette étude n'a pas pu confirmer l'hypothèse d'une résorption osseuse péri-implantaire limitée pour les implants restaurés selon le concept platform switching. - La résorption dépendrait du temps mais pas de la plateforme. - Une contamination bactérienne a été trouvée au niveau des deux groupes sans différence significative. - Les résultats des autres études favorisant le platform switching seraient dus à une comparaison d'implants platform matching à diamètres inférieurs à ceux restaurés avec platform switching (Hürzeler et al. 2007 (95); Cappiello et al. 2008 (57); Crespi et al. 2009 (71); Prosper et al. 2009 (97); Trammell et al. 2009 (59); Canullo et al. 2010 (93)).
Pieri 2011 (105)	12	-0,31	<ul style="list-style-type: none"> - Le groupe des implants restaurés par le concept traditionnel de platform matching a montré une résorption osseuse statistiquement supérieure à celle du groupe restauré selon le platform switching. - Cependant aucune différence significative en terme de paramètres parodontaux, niveau des tissus mous, ou hauteur papillaire n'a pu être observée au sein des deux groupes après 12 mois de mise en charge. - De futures études à plus long suivi et plus grands échantillons sont requises pour permettre de conclure quant à la réponse des tissus durs et mous à ces différents protocoles de restauration.

3.2.2.1.3 Conclusions de la méta-analyse

3.2.2.1.3.1 Echec implantaire

Sept études ont eu un taux de survie de 100%. Kielbassa et al. (2009), Prosper et al. (2009) et Pieri et al. (2011) qui expérimentèrent des échecs implantaires ont montré qu'aucune différence significative ne pouvait être relevée entre les implants platform switching et les implants platform matching.

La méta-analyse conduite avec un modèle fixed-effect n'a pas réussi à montrer de différence significative entre les deux groupes test et contrôle, aussi bien lors de l'analyse basée sur l'implant (RR = 1,14 [0,37-3,52] ; p = 0,82) que celle basée sur le patient (RR = non estimable ; événement = 0).

3.2.2.1.3.2 Résorption osseuse péri-implantaire

La résorption osseuse varia entre 0 et 0,99 mm pour les groupes tests platform switching, et entre 0 et 2,02 mm pour les groupes contrôles platform matching. Six études (Canullo et al. 2009, 2010, Hürzeler et al. 2007, Prosper et al. 2009, Trammell et al. 2009 et Pieri et al. 2011) identifièrent une différence significative entre les groupes platform switching et platform matching en terme de résorption osseuse (59, 92, 93, 95, 97, 105).

Trois études (Kielbassa et al. 2009, Crespi et al. 2009 et Enkling et al. 2011) ont trouvé une légère différence mais non statistiquement significative entre les groupes test et contrôle. (71, 96, 103).

L'étude menée par Canullo et al. de 2011, elle, ne reporta que les moyennes et écarts types de chaque groupe sans les comparer pour une étude statistique. (104)

Certaines études avaient formé plusieurs groupes test ou plusieurs groupes contrôle, et de ce fait Annibaldi et al. ont décidé de considérer chaque groupe isolément pour les analyses de sous-groupes.

Analyse basée sur le patient :

Sept études incluant 166 patients et 206 implants ont permis une étude basée sur le patient à échéance du suivi (Hürzeler et al. 2007, Canullo et al. 2009, 2010, 2011, Crespi et al. 2009, Enkling et al. 2011 et Pieri et al. 2011).

Une résorption significativement supérieure a été observée pour les groupes contrôle platform matching (MD -0,55 ; 95% CI [-0,86 à -0,24] ; $p = 0,0006$).

Table 8 : Perte osseuse marginale à la dernière réévaluation, analyse basée sur le patient, d'après Annibaldi et al.

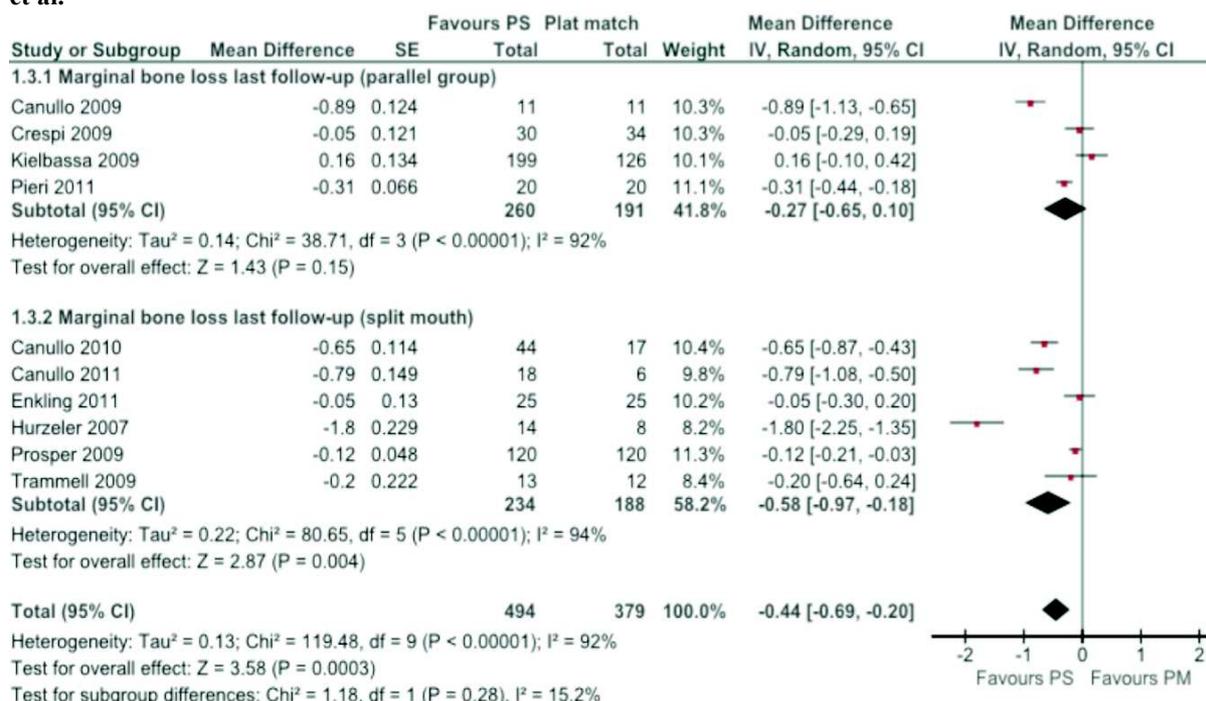
Study or Subgroup	Plat switch		Plat match		Weight	Mean Difference IV, Random, 95% CI	Mean Difference IV, Random, 95% CI
	Mean Difference	SE	Total	Total			
1.2.1 Marginal bone loss at last follow-up, patient-based, parallel group							
Canullo 2009	-0.88	0.106	11	11	15.8%	-0.88 [-1.09, -0.67]	
Crespi 2009	-0.05	0.107	30	34	15.7%	-0.05 [-0.26, 0.16]	
Pieri 2011	-0.31	0.066	20	20	16.4%	-0.31 [-0.44, -0.18]	
Subtotal (95% CI)			61	65	47.9%	-0.41 [-0.83, 0.01]	
Heterogeneity: Tau ² = 0.13; Chi ² = 32.89, df = 2 (P < 0.00001); I ² = 94%							
Test for overall effect: Z = 1.91 (P = 0.06)							
1.2.2 Marginal bone loss at last follow-up, patient-based, split-mouth							
Canullo 2010	-0.45	0.278	6	6	11.2%	-0.45 [-0.99, 0.09]	
Canullo 2011	-0.79	0.176	5	5	14.0%	-0.79 [-1.13, -0.45]	
Enkling 2011	-0.05	0.1	25	25	15.9%	-0.05 [-0.25, 0.15]	
Hurzeler 2007	-1.67	0.286	4	4	11.0%	-1.67 [-2.23, -1.11]	
Subtotal (95% CI)			40	40	52.1%	-0.71 [-1.36, -0.06]	
Heterogeneity: Tau ² = 0.39; Chi ² = 36.66, df = 3 (P < 0.00001); I ² = 92%							
Test for overall effect: Z = 2.14 (P = 0.03)							
Total (95% CI)			101	105	100.0%	-0.55 [-0.86, -0.24]	
Heterogeneity: Tau ² = 0.15; Chi ² = 69.59, df = 6 (P < 0.00001); I ² = 91%							
Test for overall effect: Z = 3.44 (P = 0.0006)							
Test for subgroup differences: Chi ² = 0.58, df = 1 (P = 0.45), I ² = 0%							

Analyse basée sur l'implant :

Là encore, la résorption osseuse s'est montrée supérieure pour les groupes platform matching. (MD -0,44 ; 95% CI ; [-0,69 à -0,20] ; p = 0,004)

Cependant, les études split-mouth ont montré un effet traitement plus important (MD -0.58, 95% CI [0.97 à 0.18], p = 0.004) comparé aux études en bras parallèles (MD -0.27, 95% CI [0.65 à 0.10], p = 0.15) qui, individuellement, n'arrivent pas à atteindre le seuil de différence significative.

Table 9 : Perte osseuse marginale à la dernière réévaluation, analyse basée sur l'implant, d'après Annibali et al.



3.2.2.1.3.3 Recherche de biais et analyses complémentaires

3.2.2.1.3.3.1 Risques de biais inter-études

Concernant l'échec implantaire, l'hétérogénéité est apparue négligeable ($\chi^2 = 2,39$; p = 0,30 ; I² = 16%), ce pourquoi un modèle fixed-effect a été effectué pour la méta-analyse.

A l'inverse, une hétérogénéité importante ($\chi^2 = 119.48$, p < 0.00001, I² = 92%) a été relevée pour l'étude de la résorption osseuse péri-implantaire, ce pourquoi un modèle random-effect a été effectué pour la méta-analyse. Une grosse source de biais a été identifiée lors de l'élaboration de la méta-analyse dans certaines études split-mouth qui n'ont pas reporté l'ensemble des données (Prosper et al. 2009) ou qui n'ont pas spécifié le mécanisme spécifique d'échantillonnage des implants dans chaque patient (Trammell et al. 2009).

3.2.2.1.3.3.2 Analyses de sous-groupes

Les analyses de sous-groupes ont toutes montré une meilleure préservation de l'os autour des implants restaurés au platform switching, malgré une différence de niveau de significativité selon les sous-groupes.

On remarque notamment un effet traitement plus important pour les groupes split-mouth en comparaison avec les groupes en bras parallèles (voir résultats du forest plot plus haut), un effet traitement de significativité limitée lors de l'étude des résultats à court terme (MD -0.19, 95% CI [0.38 à 0.00], $p = 0.05$), alors qu'un effet traitement plus important est assimilé aux résultats à plus long terme (MD -0.45, 95% CI [0.76 à 0.14], $p = 0.005$).

Concernant le timing de pose de l'implant, les implants platform switching ont montré des résultats cliniques supérieurs, avec forte significativité dans les sous-groupes où les implants ont été posés de manière différée, dans des sites cicatrisés (MD -0.47, 95% CI [0.82 à 0.12], $p = 0.009$), que dans les groupes d'extraction-implantation immédiate, où le platform switching a démontré un effet traitement d'une significativité critique (MD -0.41, 95% CI [0.82 à 0.00], $p = 0.05$).

Pour ce qui est de la taille du mismatching, les sous-groupes dépassant ou non les 0,45 mm de chaque côté ont tous su montrer un avantage du platform switching. On a tout de même remarqué un meilleur avantage du platform switching lorsque la taille du mismatching était plus importante (MD -0.90, 95% CI [1.25 à 0.54], $p < 0.00001$) que lorsque la taille du mismatching était modérée (MD -0.17, 95% CI [0.32 à 0.03], $p = 0.02$).

Table 10 : Estimation de l'effet traitement pour différents sous-groupes de la méta-analyse d'Annibali et al.

Durée du suivi	12 – 15 mois : MD -0,19	24 – 39 mois : MD -0,45
Placement de l'implant	Immédiat : MD -0,41	Différé : MD -0,47
Taille du mismatching	< 0,45 mm : MD -0,17	≥ 0,45 mm : MD -0,90

3.2.3 Méta-analyse de Herekar et al. 2014

Herekar et al. ont mené leur revue systématique et méta-analyse de manière similaire à Atieh et al. et Annibali et al.

Les données qu'ils ont recueillies sont la longueur des implants, la taille du mismatching, les sites implantés, le placement vertical de l'implant, le protocole de placement de l'implant et de restauration prothétique (immédiat/différé), et le torque d'insertion. On remarque que les auteurs ne s'intéressent ici ni au diamètre implantaire, ni au type de connexion implantaire.

Les données de taux de survie ne permettent encore une fois aucune conclusion en faveur du concept platform switching.

L'avantage général attribué au platform switching en terme de résorption osseuse est ici évalué à MD -0,34 [95% CI: -0,37 à -0,30 ; p < 0,00001]. Aucun modèle statistique de correction de l'hétérogénéité n'y a été appliqué.

Lors de l'étude de sous-groupes, les auteurs ont apporté une nouveauté en l'étude de l'effet traitement du platform switching en fonction du niveau vertical d'implantation. D'autre part, ils ont précisé, pour chaque sous-groupe, le nombre d'études intégrées et pris le soin d'isoler les essais randomisés dans un sous-groupe.

Table 11 : Différentes caractéristiques des différents essais inclus à la méta-analyse de Herekar et al.

Design de l'étude	Essais randomisés contrôlés : 14 études ; MD -0,29	Essais contrôlés non randomisés 5 études ; MD -0,48	
Taille de l'échantillon	≥ 50 implants : 11 études ; MD -0,35	< 50 implants : 8 études ; MD -0,30	
Protocole d'implantation	Immédiat : 3 études ; MD -0,13	Différé : 16 études ; MD -0,38	
Taille du mismatching	≤ 0,4 mm : 9 études ; MD -0,35	> 0,4 mm : 10 études ; MD -0,39	
Durée du suivi	12 mois : 8 études ; MD -0,14	> 12 mois : 11 études ; MD -0,36	
Niveau vertical de l'implant	Supracrestal : 3 études ; MD -0,02	Crestal : 11 études ; MD -0,40	Subcrestal : 4 études ; MD -0,52

Les auteurs remarquent donc un effet traitement limité dans les cas d'implantation immédiate et dans la première année suivant l'implantation, comme l'avaient déjà montré Atieh et al. ainsi qu'Annibali et al. Cependant, il a aussi été trouvé qu'un placement supracrestal des implants platform switching n'apporte aucunement une préservation osseuse par rapport au platform matching, cela s'expliquant certainement par l'éloignement de la jonction pilier-implant par rapport à l'os, autant pour un concept que pour l'autre.

3.2.4 Méta-analyse de Strietzel et al. 2014

A travers la méta-analyse de Strietzel et al. nous observons encore une fois un recueil de données similaires, pour un total de 22 essais recueillis, dont 7 non randomisés. La mesure du degré d'hétérogénéité s'est faite avec l'indice de DerSimonian-Laird et a été considérée comme significative.

La méta-analyse n'a pas tenu compte des essais non randomisés inclus et n'a été réalisée à qu'à partir des quatorze essais randomisés, aboutissant à un effet traitement mesuré à MD -0,49 [95% CI ; -0,73 à -0,26 ; $p < 0,0001$].

Une analyse systématique de sous-groupes a été réalisée mais sans synthèse méta-analytique.

3.2.5 Méta-analyse de Chrcanovic et al. 2015

Chrcanovic et al. ont proposé la revue systématique la plus large, incluant 28 essais à leur étude. Cependant, 10 essais étant non randomisés, ils n'ont pas été inclus dans la méta-analyse.

Le succès implantaire étant de 100% dans tous les essais sauf six d'entre eux, aucune méta-analyse du paramètre en question n'a été réalisée.

L'effet traitement général en matière de résorption osseuse a été calculé à MD -0,29 [CI 95% ; -0,38 à -0,19 ; $p < 0,00001$] en faveur du platform switching.

Une analyse de sous-groupes a été réalisée, déterminant un effet du facteur temps ainsi que de la largeur du mismatching, concluant à une augmentation des effets bénéfiques du platform switching avec le temps et en augmentant la taille du mismatching.

Table 12 : Différence des moyennes de préservation osseuse du platform switching à différents instants du suivi pour les essais inclus à la méta-analyse de Chrcanovic et al.

Suivi \leq 3 mois	MD -0,13 [-0,27 à 0,01]
Suivi de 3 à 6 mois	MD -0,11 [-0,18 à -0,04]
Suivi de 6 mois à 1 an	MD -0,24 [-0,23 à -0,16]
Suivi de 1 à 3 ans	MD -0,46 [-0,78 à -0,15]
Suivi \geq 3 ans	MD -0,60 [-1,08 à -0,12]

Table 13 : Impact du temps sur l'effet de préservation osseuse du platform switching dans les essais de la méta-analyse de Chrcanovic et al.

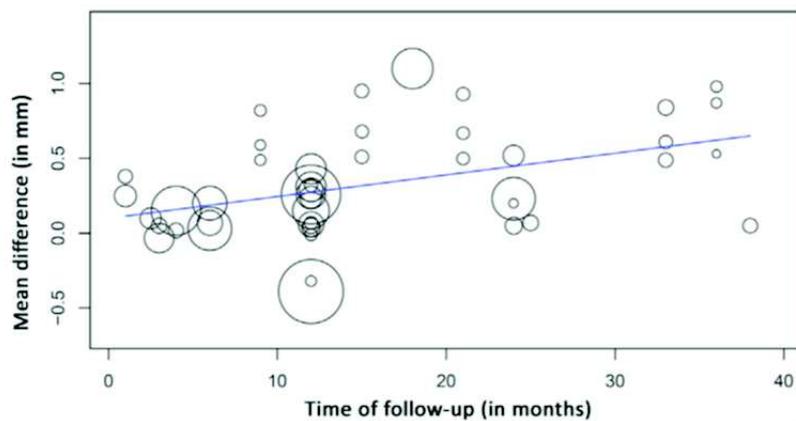
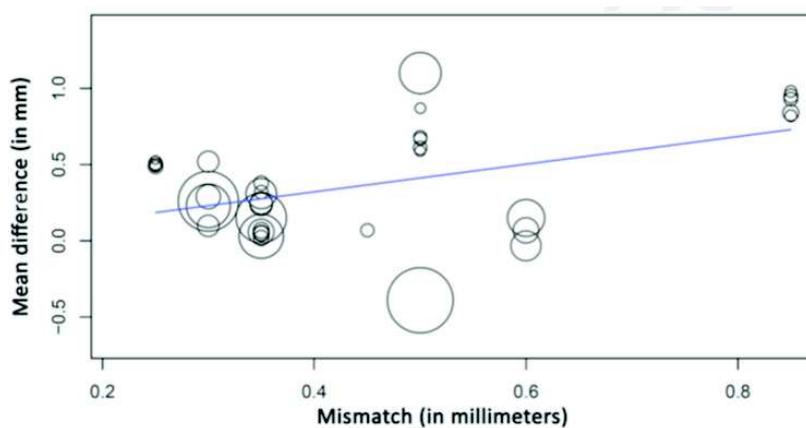


Table 14 : Impact du mismatching sur l'effet de préservation osseuse du platform switching dans les essais de la méta-analyse de Chrcanovic et al.



3.2.6 Méta-analyse de Santiago et al. 2015

Santiago et al. 2015 sont à l'origine de la méta-analyse la plus récente disposant du plus grand nombre d'essais contrôlés randomisés, au nombre de 17.

3.2.6.1 Design expérimental

25 études ont été incluses à la revue systématique, dont 17 essais cliniques randomisés (59, 92, 93, 95-97, 103, 105-115) et 8 études prospectives non randomisées (57, 71, 73, 95, 116-119), publiées entre 2007 et 2015.

A noter que cette méta-analyse tient compte de la totalité des essais inclus dans la méta-analyse d'Annibali, et que deux essais (Crespi et al. 2009 et Hürzeler et al. 2007), classés comme randomisés chez Annibali, sont classés comme des essais prospectifs non randomisés chez Santiago (71, 95).

3 études ont été menées en utilisant deux centres (92, 114, 115), 13 études dans un seul centre (71, 103, 106-111, 116, 118, 119) et 5 études ont été multi-centres (96, 97, 112, 113, 117).

Ce point n'a pas été clarifié dans 4 études (57, 59, 93, 95)

L'ensemble de la revue systématique inclut in fine 1 098 patients et 2 310 implants.

3.2.6.2 Sélection des patients

La sélection des patients s'est principalement faite autour des conditions systémiques (maladie systémique, tabagisme conséquent etc.), des facteurs intrinsèques (biotype, inflammation du parodonte, etc.) de manière à avoir un échantillon ne présentant pas d'obstacles à priori au succès implantaire et à l'ostéointégration de l'implant.

3.2.6.3 Protocoles chirurgicaux

Différentes médications pré et post-opératoires ont été prescrites selon les études. Les distances d'espacement minimales entre l'implant et la dent de 1,5 à 2 mm ont été respectées. La distance minimale entre deux implants a varié entre 2,5 et 3 mm.

Certaines études ont conduit une procédure d'extraction-implantation immédiate, en

maintenant l'intégrité des parois osseuses dans le but d'éviter toute déhiscence ou fenestration. (71, 92, 105, 120).

Table 15 : Modalité de placement de l'implant et de sa mise en charge pour les différents essais inclus à la méta-analyse de Santiago et al.

	Cappiello 2008 (57)	Vigolo 2009 (98)	Fernandez- Formoso 2012 (114)	Pozzi 2012 (110)	Telleman 2012 (106)	Vandeweg he 2012 (108)	Dursun 2013 (116)	Enkling 2013 (111)
A	Différé	Différé	Différé	Différé	Différé	Différé	Différé	Différé
B	2 mois	Différé	Non clarifié	Immédiat	Différé	Différé	Différé	Différé

	Glibert 2014 (118)	Guerra 2014 (113)	Meloni 2014 (112)	Pozzi 2014 (109)	Telleman 2014 (107)	Del Fabbro 2015 (117)	Wang 2015 (119)
A	Différé	Immédiat	Différé	Différé	Différé	Différé	Différé
B	Immédiat non occlusal	différé	Différé	Différé	Différé	2 / 4-6	Différé

A : placement de l'implant

B : mise en charge de l'implant

La qualité osseuse a été mesurée dans certaines études, et on remarque que les différents essais n'ont pas eu les mêmes critères d'inclusion quant à la qualité d'os.

Deux études ont opté pour une implantation subcrestale ; Crespi et al. (71) en 2009 ainsi que Glibert et al. (120) en 2014 ont décidé d'implanter immédiatement après extraction à un niveau de 1 mm et 2-3 mm sous le niveau de la crête osseuse respectivement. Wang et al. 2015 (119) ont eux posé des implants à 0,5 mm sous la crête.

3.2.6.4 Caractéristiques implantaires

Table 16 : Caractéristiques implantaires des différents essais inclus à la méta-analyse de Santiago et al.

	Diamètre implantaire (mm)	Longueur implantaire (mm)	Taille du mismatching de chaque côté (mm)	Type de connexion
Cappiello 2008 (57)	4	10 ; 11,5 ; 13	0,4	Interne
Vigolo 2009 (98)	5	Non clarifié	0,5	Hexagone externe
Fernandez- Formoso 2012 (114)	3,3 ; 4,1 ; 4,8	PS : 8-14 PM : 8-12	Non clarifié	Cône morse
Pozzi 2012 (110)	PS : 4,3 PM : 4,0	10-13	Non clarifié	PS : hexagone interne PM : hexagone externe
Telleman 2012 (106)	4,1 ou 5	8,5	0,35 ou 0,4	Non clarifié
Vandeweghe 2012 (108)	7	7	1	Hexagone externe
Dursun 2013 (116)	PS : 3,8 PM : 3,75	11	0,37	Non clarifié
Enkling 2013 (111)	4	9,5	0,35	Hexagone interne
Glibert 2014 (118)	4,0 et 5,0	8,5-15	0,45	Hexagone interne
Guerra 2014 (113)	3,8 ; 4,3 et 5,0	9-13	0,3 et 0,35	Hexagone interne
Meloni 2014 (112)	4,3 et 5	8 ou 10	0,35	Non clarifié
Pozzi 2014 (109)	3,9 et 4,1	8,5-13	0,2	PS : hexagone interne PM : hexagone externe
Telleman 2014 (107)	4,1 ou 5	8,5	0,35 ou 0,4	Non clarifié
Del Fabbro 2015 (117)	3,75 et 4,75	8-16	0,5 ; 0,75 ; 1,25	Hexagone interne
Wang 2015 (119)	4,5	8-12	0,6	Cône morse

Certaines études n'ont pas renseigné le type de connexion utilisé (106, 107, 112, 116). La plupart des études ont comparé les deux groupes avec des connexions internes indexées, à l'exception de Vigolo et al. 2009 (98) et Vanderweghe et al. 2012 (108) qui ont utilisé dans les deux groupes un hexagone externe, ainsi que Fernandez-Formoso et al. 2012 (114) et Wang et al. 2015 (119) qui ont eux utilisé une connexion cône morse.

Pozzi et al. 2012 et 2014 (109, 110) ont comparé les deux groupes testés avec des connexions différentes, utilisant un hexagone interne pour le groupe test platform switching et un hexagone externe pour le groupe contrôle platform matching.

Pour ce qui est de la surface de l'implant, on constate une hétérogénéité totale en matière de traitement de l'état de surface de l'implant, de celle du col, de filetage du col etc.

3.2.6.5 Qualité méthodologique et risque de biais

Table 17 : Score de Jadad des différents essais inclus à la méta-analyse de Santiago et al.

Cappiello 2008 (57)	Vigolo 2009 (98)	Fernandez- Formoso 2012 (114)	Pozzi 2012 (110)	Telleman 2012 (106)	Vandeweg he 2012 (108)	Dursun 2013 (116)	Enkling 2013 (111)
1	1	3	2	1	2	1	3

Glibert 2014 (118)	Guerra 2014 (113)	Meloni 2014 (112)	Pozzi 2014 (109)	Telleman 2014 (107)	Del Fabbro 2015 (117)	Wang 2015 (119)
2	3	5	3	3	3	3

3.2.6.6 Résultats et conclusions des différents essais inclus à la méta-analyse

Les résultats des essais déjà présents dans la méta-analyse d'Annibali et al. 2012 n'ont pas été repris dans le tableau suivant.

Table 18 : Résultats et conclusions des différents essais inclus à la méta-analyse de Santiago et al.

Etude	Suivi (mois)	MD (mm)	Conclusions
Cappiello 2008 (57)	12	-0,72	<ul style="list-style-type: none"> - Les résultats confirment un rôle important du microgap entre l'implant et son pilier. - Le concept platform switching semble diminuer la résorption osseuse péri-implantaire et augmenter la prédictibilité long terme du traitement implantaire. - Des études histologiques ainsi que des études à suivi plus long permettront de confirmer ces résultats.
Vigolo 2009 (98)	60	-0,50	<ul style="list-style-type: none"> - Une différence statistiquement significative en terme de perte osseuse a été enregistrée. - Les implants à large diamètre restaurés par le concept conventionnel de platform matching ont montré plus de résorption osseuse que ceux restaurés au platform switching. - Les données mesurées à la 2e, 3e, 4e, et 5e année n'ont démontré aucune différence significative entre les groupes.
Fernandez-Formoso 2012 (114)	12	-0,38 *	<ul style="list-style-type: none"> - La différence statistiquement significative trouvée entre les groupes d'étude montre que le platform switching pourrait préserver le niveau osseux péri-implantaire à 1 an de suivi. - Malgré cette différence minime d'un point de vue clinique, les résultats mettent en avant différents sujets nécessitant une discussion approfondie. - De futures études extensives long terme avec des échantillons plus révélateurs sont nécessaires avant d'émettre toute conclusion définitive quant à la réponse des tissus durs à ces protocoles de restauration.

Pozzi 2012 (110)	12	-0,47	<ul style="list-style-type: none"> - Les deux designs implantaire ont montré des taux de survie similaires, avec des résultats satisfaisants à 1 an, - Le platform switching intégré à l'implant à conicité inversée avec connexion conique a montré une perte osseuse statistiquement moindre par rapport aux implants à connexion classique platformatching avec hexagone externe, - Dans la limite de cette étude, l'interface prothétique ainsi que la configuration du col implantaire pourraient affecter le remaniement osseux autour de l'implant, - De futurs essais randomisés long terme sont nécessaires pour confirmer ces résultats préliminaires.
Telleman 2012 (106)	12	-0,22	<ul style="list-style-type: none"> - La résorption marginale osseuse pourrait être réduite par le concept platform switching après 1 an de suivi, - Cependant, pour trouver le design parfait de platform switching, de futures études comparatives des différents designs et niveau de placement sont requises.
Vandeweghe 2012 (108)	12	-0,28	<ul style="list-style-type: none"> - Les résultats suggèrent une réduction de 30% de la perte osseuse grâce au platform switching, - Malgré l'échantillon limité, il semblerait que l'établissement d'un espace biologique affecte le remaniement osseux de manière significative et que le platform switching ne serait effectif que lorsque l'épaisseur muqueuse (biotype) permet l'établissement de cet espace biologique.
Dursun 2013 (116)	12	0,08	<ul style="list-style-type: none"> - Le platform switching n'a l'air d'affecter ni la perte osseuse, ni les paramètres cliniques péri-implantaires, ni le métabolisme de la myeloperoxydase et de l'oxyde nitrique dans le fluide sulculaire autour des implants postérieurs mandibulaires non-enfouis.
Enkling 2013 (111)	36	-0,05	<ul style="list-style-type: none"> - Dans les conditions de cette étude utilisant des implants de même design et diamètre et ne divergent que par la plateforme utilisée, il a été observé une perte osseuse réduite, indépendamment du concept de plateforme suivi, - L'hypothèse selon laquelle le concept platform switching peut réduire la perte osseuse ne peut être confirmée, - Le concept de restauration peut donc être choisi en fonction des préférences du praticien.

Glibert 2014 (118)	12	-0,39	<ul style="list-style-type: none"> - Après 1 an de mise en charge, les deux groupes d'étude ont montré un taux de survie et un niveau osseux satisfaisant, - Un avantage en terme de préservation osseuse est attribué aux implants platform switching posés dans un volume osseux suffisant, - Pour limiter la perte osseuse, un implant de diamètre adapté restauré par platform switching devrait être considéré.
Guerra 2014 (113)	12	-0,29	<ul style="list-style-type: none"> - Au sein du même système implantaire, le platform switching a montré un effet positif comparé aux restaurations au platform matching à 1 an.
Meloni 2014 (112)	12	-0,09	<ul style="list-style-type: none"> - Aucune différence statistiquement significative n'a été observée entre le platform switching et le platform matching pour la restauration d'implants unitaires.
Pozzi 2014 (109)	36	-0,46	<ul style="list-style-type: none"> - Les résultats suggèrent que pour les patients bien entretenus, le remaniement osseux péri-implantaire peut être influencé par le design de l'implant. - Après 4 mois de cicatrisation sans mise en charge et 3 ans de mise en fonction, les deux implants ont montré de bons résultats, avec cependant une perte osseuse verticale et horizontale statistiquement moindre pour l'implant NobelActive restauré au platform switching, comparé au NobelSpeedy Groovy restauré au platform matching.
Telleman 2014 (107)	12	-0,32	<ul style="list-style-type: none"> - Cette étude suggère que le remaniement osseux est influencé par le platform switching après 1 an de fonction.
Del Fabbro 2015 (117)	36	-0,15	<ul style="list-style-type: none"> - Le platform switching pourrait réduire la perte osseuse marginale à travers le temps. - Cet effet ne semble pas être corrélé au succès implantaire. - Certaines études complémentaires pourraient permettre d'apporter un aperçu complémentaire sur certains aspects du concept, comme l'influence du degré de mismatching, ou de la position et l'angulation de l'implant lors de sa pose.

Wang 2015 (119)	12	-0,15	<ul style="list-style-type: none"> - Cet essai randomisé sur 1 an suggère une réponse tissulaire similaire pour les implants restaurés par platform switching ou par platform matching, lorsqu'une connexion conique est utilisée. - Le taux de survie a été de 100% pour les deux groupes. - Les résultats suggèrent que la perte osseuse péri-implantaire n'est pas autant due au platform switching qu'à la qualité du scellement de l'interface pilier/implant. - Cependant, en raison du faible échantillonnage, les résultats ici présents doivent être interprétés avec retenue, et des études long terme à échantillons plus larges sont nécessaires pour confirmer ces résultats.
--------------------	----	-------	--

* Dans cette étude, les implants platform matching sont des tissue level et Santiago et al. ont établi la mesure de différences de résorption en prenant comme référence la connexion implant pilier, trouvant MD = -1,55. Or il est bien dit dans l'étude de Fernandez et al. qu'une différence de résorption osseuse d'environ -0,38 a été mesurée.

3.2.6.7 Méta-analyse et données supplémentaires

Une méta-analyse a été réalisée pour mesurer l'effet traitement du platform switching sur deux paramètres : la perte osseuse et la survie de l'implant.

3.2.6.7.1 Perte osseuse

Pour ce paramètre, l'ensemble des 25 études incluses ont été utilisées pour la méta-analyse. Pour être incluses, les études devaient avoir au minimum 12 mois de suivi. Les études incluses ont présenté un suivi compris entre 12 mois (95, 96, 103, 105-110, 112-114, 118, 119, 121) et 5 ans (98), avec un suivi moyen de 19,8 mois.

Parmi cet ensemble, 18 études ont montré un avantage statistiquement significatif du concept de restauration platform switching.

Cependant, 7 études n'ont pas trouvé de différence significative en terme de résorption osseuse entre le concept platform switching et le concept standard platform matching. (71, 96, 103, 111, 112, 116, 119)

Santiago et al. ont d'abord établi une méta-analyse uniquement à partir des 17 essais randomisés inclus, révélant ainsi une différence des moyennes de résorption osseuse de MD - 0,41 mm en faveur du groupe platform switching (95% CI [-0,58 à - 0,24], $p < 0,00001$). Le χ^2 de l'hétérogénéité a été mesuré à 212,51 ($p < 0,00001$, $I^2 = 93\%$) traduisant une forte hétérogénéité.

Table 19 : Comparaison de la perte osseuse péri-implantaire entre les implants platform switching et platform matching : essais randomisés contrôlés, d'après Santiago et al.

Study or Subgroup	Platform Switching			Platform Matching			Weight	Mean Difference IV, Random, 95% CI
	Mean	SD	Total	Mean	SD	Total		
Canullo et al, 2009	0.3	0.16	11	1.19	0.35	11	6.0%	-0.89 [-1.12, -0.66]
Canullo et al, 2010	0.56	0.31	14	1.49	0.54	17	5.5%	-0.93 [-1.23, -0.63]
Canullo et al, 2011	0.375	0.1234	6	1.358	0.393	5	5.2%	-0.98 [-1.34, -0.62]
Enkling et al, 2011	0.53	0.35	25	0.58	0.55	25	5.8%	-0.05 [-0.31, 0.21]
Enkling et al, 2013	0.69	0.43	25	0.74	0.57	25	5.7%	-0.05 [-0.33, 0.23]
Fernández-Formoso et al, 2012	0.68	0.88	58	2.23	0.22	56	5.9%	-1.55 [-1.78, -1.32]
Guerra et al, 2014	0.4	0.46	74	0.69	0.68	72	6.2%	-0.29 [-0.48, -0.10]
Kielbassa et al., 2009	0.79	1.17	199	0.63	1.18	126	5.8%	0.16 [-0.10, 0.42]
Meloni et al, 2014	0.84	0.23	18	0.93	0.26	18	6.3%	-0.09 [-0.25, 0.07]
Pieri et al, 2011	0.2	0.17	20	0.51	0.24	20	6.4%	-0.31 [-0.44, -0.18]
Pozzi et al, 2012	0.68	0.34	44	1.15	0.34	44	6.4%	-0.47 [-0.61, -0.33]
Pozzi et al, 2014	0.83	0.27	44	1.29	0.42	44	6.4%	-0.46 [-0.61, -0.31]
Prosper et al, 2009	0.055	0.234	180	0.193	0.474	180	6.6%	-0.14 [-0.22, -0.06]
Telleman et al, 2012	0.51	0.51	55	0.73	0.48	58	6.2%	-0.22 [-0.40, -0.04]
Telleman et al, 2014	0.53	0.54	31	0.85	0.65	31	5.6%	-0.32 [-0.62, -0.02]
Trammell et al, 2009	0.99	0.53	13	1.19	0.58	12	4.6%	-0.20 [-0.64, 0.24]
Vandeweghe & De Bruyn et al, 2012	0.66	0.47	15	0.94	0.42	15	5.4%	-0.28 [-0.60, 0.04]
Total (95% CI)			832			759	100.0%	-0.41 [-0.58, -0.24]

Heterogeneity: Tau² = 0.11; Chi² = 218.51, df = 16 (P < 0.00001); I² = 93%
 Test for overall effect: Z = 4.75 (P < 0.00001)

(SD : déviation standard ; IV : variation inverse ; CI : indice de confiance ; df : degré de liberté). (122)

Table 20 : Comparaison de la perte osseuse péri-implantaire entre les implants platform switching et platform matching : essais randomisés et non randomisés, d'après Santiago et al.

Study or Subgroup	Platform Switching			Platform Matching			Weight	Mean Difference IV, Random, 95% CI
	Mean	SD	Total	Mean	SD	Total		
Canullo et al, 2009	0.3	0.16	11	1.19	0.35	11	4.0%	-0.89 [-1.12, -0.66]
Canullo et al, 2010	0.56	0.31	14	1.49	0.54	17	3.6%	-0.93 [-1.23, -0.63]
Canullo et al, 2011	0.375	0.1234	6	1.358	0.393	5	3.3%	-0.98 [-1.34, -0.62]
Cappiello et al, 2008	0.95	0.32	73	1.67	0.37	55	4.5%	-0.72 [-0.84, -0.60]
Crespi et al, 2009	0.78	0.49	30	0.73	0.52	34	3.9%	0.05 [-0.20, 0.30]
Del Fabbro et al, 2015	0.33	0.19	55	0.48	0.26	62	4.6%	-0.15 [-0.23, -0.07]
Dursun et al, 2013	0.84	0.36	16	0.76	0.41	16	3.8%	0.08 [-0.19, 0.35]
Enkling et al, 2011	0.53	0.35	25	0.58	0.55	25	3.8%	-0.05 [-0.31, 0.21]
Enkling et al, 2013	0.69	0.43	25	0.74	0.57	25	3.7%	-0.05 [-0.33, 0.23]
Fernández-Formoso et al, 2012	0.68	0.88	58	2.23	0.22	56	4.0%	-1.55 [-1.78, -1.32]
Glibert et al, 2014	0.63	0.18	45	1.02	0.14	70	4.6%	-0.39 [-0.45, -0.33]
Guerra et al, 2014	0.4	0.46	74	0.69	0.68	72	4.2%	-0.29 [-0.48, -0.10]
Hurzeler et al, 2007	0.22	0.53	14	2.02	0.49	8	2.8%	-1.80 [-2.24, -1.36]
Kielbassa et al., 2009	0.79	1.17	199	0.63	1.18	126	3.8%	0.16 [-0.10, 0.42]
Meloni et al, 2014	0.84	0.23	18	0.93	0.26	18	4.3%	-0.09 [-0.25, 0.07]
Pieri et al, 2011	0.2	0.17	20	0.51	0.24	20	4.5%	-0.31 [-0.44, -0.18]
Pozzi et al, 2012	0.68	0.34	44	1.15	0.34	44	4.4%	-0.47 [-0.61, -0.33]
Pozzi et al, 2014	0.83	0.27	44	1.29	0.42	44	4.4%	-0.46 [-0.61, -0.31]
Prosper et al, 2009	0.055	0.234	180	0.193	0.474	180	4.6%	-0.14 [-0.22, -0.06]
Telleman et al, 2012	0.51	0.51	55	0.73	0.48	58	4.2%	-0.22 [-0.40, -0.04]
Telleman et al, 2014	0.53	0.54	31	0.85	0.65	31	3.6%	-0.32 [-0.62, -0.02]
Trammell et al, 2009	0.99	0.53	13	1.19	0.58	12	2.8%	-0.20 [-0.64, 0.24]
Vandeweghe & De Bruyn et al, 2012	0.66	0.47	15	0.94	0.42	15	3.5%	-0.28 [-0.60, 0.04]
Vigolo et al, 2009	0.6	0.2	97	1.1	0.3	85	4.6%	-0.50 [-0.58, -0.42]
Wang et al, 2015	0.04	0.08	15	0.19	0.16	15	4.6%	-0.15 [-0.24, -0.06]
Total (95% CI)			1177			1104	100.0%	-0.41 [-0.52, -0.29]

Heterogeneity: Tau² = 0.07; Chi² = 375.57, df = 24 (P < 0.00001); I² = 94%
 Test for overall effect: Z = 6.84 (P < 0.00001)

Dans un second temps, il a été décidé d'inclure les 8 études non randomisées à la méta-analyse, étudiant donc l'ensemble des 25 études initialement incluses. Un total de 1 177 implants platform switching et 1 104 implants platform matching ont été analysés. La résorption osseuse moyenne a été de 0,57 mm (de 0,04 à 0,99 mm). Cette moyenne est inférieure à celle trouvée pour le groupe contrôle, dont la valeur a été de 0,98 mm (de 0,19 à 2,23 mm). La méta-analyse a donc montré à nouveau une différence significative de l'effet traitement en faveur du platform switching, avec une différence des moyennes de MD -0,41 mm (95% CI, [-0,52 à -0,29], $p < 0,00001$). Le χ^2 de l'hétérogénéité a été mesuré à 375,57 ($p < 0,00001$, $I^2 = 94\%$) traduisant une forte hétérogénéité.

3.2.6.7.2 Survie implantaire

Sur l'ensemble des implants inclus dans l'étude de Santiago et al. seulement 21 implants platform switching et 17 implants platform matching ont été perdus.

Une analyse basée sur un modèle "fixed effect" a permis de montrer qu'aucune différence statistiquement significative n'apparaissait entre les groupes test et contrôle en matière de survie implantaire. Le risque relatif mesuré a été de $RR = 1,10$ (95% CI [0,6 à 2,02] ; $P = 0,75$). Aucune hétérogénéité n'a été observée au niveau intra-étude ($\chi^2 = 6,5$, $P = 0,58$), ni au niveau inter-étude ($I^2 = 0$).

Table 21 : Comparaison de la survie entre les implants platform switching et platform matching des essais inclus à la méta-analyse de Santiago et al.

Study or Subgroup	Platform Switching		Platform Matching		Weight	Risk Ratio M-H, Fixed, 95% CI
	Events	Total	Events	Total		
Canullo et al, 2009	0	11	0	11		Not estimable
Canullo et al, 2010	0	14	0	17		Not estimable
Canullo et al, 2011	0	6	0	5		Not estimable
Cappiello et al, 2008	1	73	0	55	2.9%	2.27 [0.09, 54.69]
Crespi et al, 2009	0	30	0	34		Not estimable
Del Fabbro et al, 2015	5	55	2	62	9.6%	2.82 [0.57, 13.95]
Dursun et al, 2013	0	16	0	16		Not estimable
Enkling et al, 2011	0	25	0	25		Not estimable
Enkling et al, 2013	0	25	0	25		Not estimable
Fernández-Formoso et al, 2012	0	58	0	56		Not estimable
Gilbert et al, 2014	0	45	0	70		Not estimable
Guerra et al, 2014	2	74	0	72	2.6%	4.87 [0.24, 99.65]
Hurzeler et al, 2007	0	14	0	8		Not estimable
Kielbassa et al., 2009	7	199	3	126	18.8%	1.48 [0.39, 5.61]
Meloni et al, 2014	0	18	0	18		Not estimable
Pieri et al, 2011	1	20	0	20	2.6%	3.00 [0.13, 69.52]
Pozzi et al, 2012	0	44	0	44		Not estimable
Pozzi et al, 2014	0	44	0	44		Not estimable
Prosper et al, 2009	0	180	6	180	33.3%	0.08 [0.00, 1.36]
Telleman et al, 2012	3	55	4	58	19.9%	0.79 [0.19, 3.37]
Telleman et al, 2014	2	31	2	31	10.2%	1.00 [0.15, 6.66]
Trammell et al, 2009	0	13	0	12		Not estimable
Vandeweghe & De Bruyn et al, 2012	0	15	0	15		Not estimable
Vigolo et al, 2009	0	97	0	85		Not estimable
Wang et al, 2015	0	15	0	15		Not estimable
Total (95% CI)		1177		1104	100.0%	1.10 [0.60, 2.02]
Total events		21		17		
Heterogeneity: Chi ² = 6.54, df = 7 (P = 0.48); I ² = 0%						
Test for overall effect: Z = 0.32 (P = 0.75)						

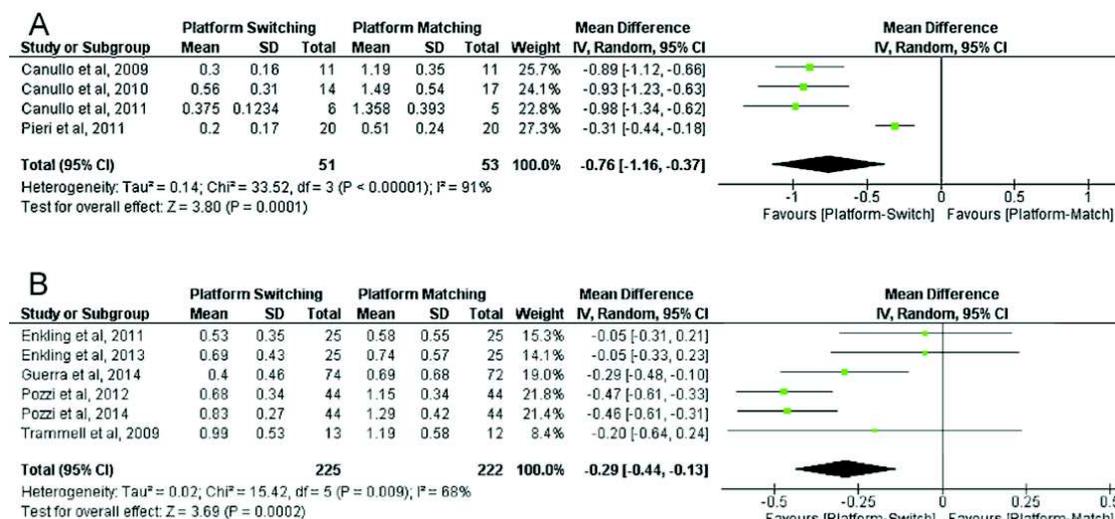
3.2.6.7.3 Analyse de sous-groupes

Dans le but de réduire les biais potentiels dus à l'hétérogénéité dans l'étude de la perte osseuse péri-implantaire, différents sous-groupes ont été analysés.

Un faible nombre d'études a considéré la pose d'implants au maxillaire uniquement ; cet échantillon a montré une meilleure préservation osseuse pour le groupe d'implants restaurés au platform switching comparé au groupe contrôle, avec une différence de moyennes MD - 0,76 (95% CI [-1,16 à -0,37], $p < 0,0001$).

De manière similaire, il y a eu une meilleure préservation des implants restaurés au platform switching posés à la mandibule, avec une différence des moyennes de MD -0,29(95% CI [-0,44 à -0,13], $p < 0,0002$).

Table 22 : Comparaison de la perte osseuse péri-implantaire pour les implants posés au maxillaire (A) et à la mandibule (B) entre les implants platform switching et les implants platform matching, d'après Santiago et al.



3.3 Discussion

3.3.1 Synthèse des résultats des différentes méta-analyses

Les différentes méta-analyses semblent s'accorder sur le fait que le concept platform switching ne confère à l'implant aucun avantage en matière de pérennité. Toutefois, une différence statistiquement significative de l'avantage en matière de préservation osseuse péri-implantaire en faveur du concept platform switching, est à noter.

L'avantage en terme de préservation osseuse, estimé grâce à la différence des moyennes, varie selon les méta-analyses, avec des valeurs comprises entre 0,23 mm (99) et 0,49 mm (123) en faveur du platform switching.

Table 23 : Tableau récapitulatif de la différence de moyennes entre les groupes platform switching et les groupes platform matching en matière de résorption pour les différentes méta-analyses

	Atieh 2010 (91)	Annibali 2012 (99)	Strietzel 2014 (123)	Heregar 2014 (124)	Chrcanovic 2015 (125)	Santiago 2016 (122)
MD (95% CI)	-0,32 (adjusted)	-0,23 (adjusted)	-0,49	-0,34	-0,29	-0,41

De ces méta-analyses, différentes conclusions sur l'effet du platform switching ont été avancées :

- L'avantage du platform switching en terme de préservation de l'os péri-implantaire reste limité la première année, mais augmente et semble stable dans le temps (Atieh, Annibali,) (91, 99)

- On a pu constater dans différentes méta-analyses une préservation osseuse proportionnelle à la taille du mismatching (91, 99, 122, 124).

Ce mismatching entre les piliers et la plateforme de l'implant conférerait un avantage significatif en terme de préservation osseuse pour une valeur supérieure ou égale à 0,4 mm par côté (91). Cependant, la diminution de la taille du pilier induit une augmentation des contraintes sur la vis de ce pilier. Cette proportionnalité entre mismatching et préservation osseuse nous mène donc à nous poser la question du rapport optimal de taille pilier/plateforme pour ainsi maximiser l'avantage du platform switching sans augmenter les risques de fracture de vis. (91, 124)

- L'impact clinique du platform switching sur la résorption osseuse varierait en fonction du placement vertical de l'implant, avec un effet traitement maximal lors du placement subcrestal de l'implant. L'effet serait plus limité lors du placement crestal de l'implant, et serait non significatif dans les cas de placement supracrestal de l'implant (124).
- L'effet traitement du platform switching serait contestable dans les cas d'extraction implantation immédiate (99, 122). Cependant, les études de sous-groupe s'étant penchées sur la question n'ont pu inclure à la méta-analyse qu'un échantillon très faible, incitant à une interprétation particulièrement précautionneuse.

Cependant si l'étude de la survie implantaire s'est montrée dépourvue de biais dus à l'hétérogénéité, ce n'est pas le cas de l'étude du remaniement osseux péri-implantaire.

Les auteurs des différentes méta-analyses, soulignent pour l'étude de la préservation osseuse, la présence d'une hétérogénéité intra et inter-étude non négligeable. Cette présence de biais potentiels nous oblige à interpréter ces résultats avec précaution.

3.3.2 Différents biais présents au sein de la littérature

3.3.2.1 Biais dus à l'hétérogénéité

Si l'étude de la survie implantaire s'est montrée dépourvue de biais dus à l'hétérogénéité, l'étude du remaniement osseux a impliqué dans chaque méta-analyse la présence d'hétérogénéité intra et inter-étude non négligeable, entraînant la présence de biais potentiels.

Les auteurs s'accordent donc à dire que ces résultats sont à assimiler avec précaution.

En effet, on constate au travers des études des différences au niveau des périodes d'observation, de la population étudiée, du système implantaire utilisé (forme, diamètre, longueur, état de surface, type de connexion), du protocole chirurgical, du torque d'insertion, de la méthode d'étude radiographique, du placement vertical et horizontal des implants etc.

Cette hétérogénéité traduit la présence de biais potentiels. Les résultats concernant l'avantage du platform switching en terme de préservation osseuse sont, de manière générale, à interpréter avec précaution.

L'utilisation d'implants de large diamètre peut elle aussi être un facteur de confusion (122). Enkling et al. indiquent qu'il n'y a aucun avantage au platform switching en n'utilisant que des implants de diamètre moyen « regular » et sous entendent une justification des résultats favorables au platform switching dans d'autres études par l'augmentation du diamètre des implants étudiés. D'après eux, les résultats favorables attribués au concept platform switching pourraient être le fait de l'augmentation du diamètre implantaire et non pas de la différence de taille entre le pilier et la plateforme de l'implant.

Cependant, les résultats d'Enkling et al. sont associés à un mismatching inférieur à 0,4 mm, c'est à dire un mismatching inférieur au seuil de significativité imaginé par certains auteurs.

D'autre part, si certains essais inclus ont comparé des implants platform switching et platform matching de diamètres différents, ce qui est en effet source de biais potentiels, la majorité des essais ont établi leur comparaison à diamètre égal, faisant varier les diamètres implantaires au sein de chacun des deux groupes test et contrôle. Des diamètres entre 3,3 et 5,5 mm ont alors été testés.

Strietzel et al. (123) mettent eux l'accent sur le fait que l'influence de la maladie parodontale des patients inclus n'a été abordée dans aucun des essais inclus à leur méta-analyse. Or, on sait que les patients atteints de la maladie parodontale peuvent présenter une lyse osseuse péri-implantaire supérieure à celle des patients au parodonte sain. Plus particulièrement, les fumeurs avec antécédents de maladie parodontale traitée ont montré des pertes osseuses péri-implantaires supérieures à celles des fumeurs au parodonte préservé (126).

3.3.2.2 Biais dus au design des essais inclus aux méta-analyses

Nous venons de voir que les différents essais inclus aux méta-analyses comportent beaucoup de facteurs de confusions. Cela nous amène à rappeler l'argument d'Annibali et al. (99) quant à la nécessité d'essais contrôlés abordant le patient comme unité statistique et non l'implant, permettant alors une meilleure discrimination des facteurs de confusions intrinsèques au patient.

Nous avons aussi vu que la qualité méthodologique des essais inclus dans les différentes méta-analyses a été évaluée via différents moyens dont le score de Jadad (80) et se révèle limitée pour beaucoup d'essais. Strietzel et al. (123) précisent que seules dix études sur les quinze incluses ont reporté un examinateur radiographique différent du chirurgien intervenant dans la pose de l'implant, entraînant la présence potentielle de biais concernant l'évaluation du résultat. D'autre part, il est recensé dans leur méta-analyse des biais d'attrition par perte de vue de patients pour 7 essais sur les quinze.

Annibali et al. (99) affirment eux que quatre études sur les dix incluses présentent un biais quand à la dissimulation des allocations.

L'aspect radiographique est lui aussi souvent mis en cause ; Atieh et al. (91) soulignent que l'utilisation de radiographies conventionnelles bidimensionnelles empêche l'estimation du degré de lyse osseuse au niveau vestibulaire et lingual des implants étudiés. Herekar et al. (124) pointent du doigt l'essai mené par Enkling et al. (103) dont l'évaluation radiographique a été menée à l'aide de radiographies panoramiques, remettant en cause la précision des mesures, ce qui augmenterait significativement les sources d'erreurs.

Outre la présence non négligeable d'hétérogénéité ainsi que d'une qualité méthodologique limitée pour beaucoup d'essais, on peut souligner un manque de consistance en terme d'échantillonnage des patients dans les essais randomisés, ainsi qu'un suivi de durée insuffisante pour évaluer l'impact clinique réel du platform switching à long terme. D'autre part, selon Annibali et al. Atieh et al. ainsi que Santiago et al., un important point faible pour les essais inclus est que les implants platform switching n'ont que rarement été évalués du point de vue esthétique. Les auteurs des différents essais se sont dans la plupart des cas focalisés sur une évaluation radiologique du niveau osseux, paramètre qui ne reste qu'un substitut à l'évaluation du succès esthétique d'un implant.

3.3.2.3 Biais dus au design des méta-analyses

Les auteurs des différentes méta-analyses ont aussi pour la plupart fait le choix dans leur sélection d'intégrer uniquement des revues publiées en anglais, à l'exception d'Annibali et al. (99) et Chrcanovic et al. (125) qui n'ont émis aucune restriction de langage. Strietzel et al. (123) ont eux élargi leur recherche aux essais publiés en allemand.

D'autre part, le choix d'intégrer des essais cliniques non randomisés, du au faible échantillonnage et au faible suivi des essais randomisés disponibles, entraîne d'emblée une diminution du niveau de preuve. Seuls Annibali et al. (99) ont mené une méta-analyse en s'affranchissant complètement d'essais non randomisés. Atieh et al. précisent cependant que lors de l'analyse de sous-groupe, l'intégration d'essais non randomisés n'a aucunement perturbé les résultats observés (91). Il en a été de même pour Santiago et al. (122).

Encore une fois, seuls Annibali et al. se sont abstenus de mélanger dans leur méta-analyse les essais menés en bras parallèles des essais menés en split mouth. Or, selon certains statisticiens, le fait de regrouper essais en bras parallèles et essais en split-mouth pourrait mener à une interprétation erronée des résultats, affectant potentiellement l'estimation de l'avantage attribué au concept platform switching (100, 101).

Enfin Annibali et al. sont les seuls auteurs à avoir effectué une méta-analyse en utilisant le patient comme unité statistique et non l'implant. Cela permet de réduire l'impact des facteurs de confusions au sein de la méta-analyse et donc de réduire les biais dus à l'hétérogénéité (101).

3.3.3 Impact clinique réel du concept platform switching

3.3.3.1 Sur le plan biologique

3.3.3.1.1 L'infiltrat inflammatoire

Selon Lazzara, sur le plan biologique, le platform switching est supposé éloigner le micro-gap du à la jonction implant – pilier en le rapprochant du centre de l'implant, conférant un avantage en terme de préservation osseuse grâce à l'éloignement de l'infiltrat inflammatoire par rapport à l'os environnant ainsi qu'en limitant son orientation à 90° au lieu de 180° pour le concept platform matching. (39).

Parmi les essais randomisés inclus aux différentes méta-analyses, l'étude de Canullo et al. de 2011 (115) s'intéresse à l'aspect inflammatoire autour des implants sans émettre de comparaisons entre le concept platform switching et platform matching en terme d'inflammation. L'étude établit un lien entre les caractéristiques immunohistochimiques d'un

individu et sa tendance à la résorption osseuse péri-implantaire. Cette résorption serait en effet liée aux facteurs inflammatoires retrouvés dans les tissus mous environnant l'implant.

Dursun et al. (2013) (116) sont les seuls autres auteurs inclus à nos méta-analyses à avoir étudié des facteurs inflammatoires dans leur étude comparative. Ils comparent la composition du fluide sulculaire en myeloperoxydase et en oxyde nitrique autour des implants platform switching et platform matching, sans déterminer de différence significative entre les deux groupes.

Différentes études de la littérature scientifique (127-129) étudiant l'inflammation des tissus mous autour des deux configurations d'implants ont mis en évidence une équivalence d'un point de vue histologique et biochimique.

Parmi les méta-analyses, certains auteurs tels que Meloni et al. (112), Telleman et al. (106), Vandeweghe et al. (108) et Wang et al. (119) ont malgré tout tenté de comparer cliniquement l'inflammation des tissus mous péri-implantaires soumis au platform switching et au platform matching, mesurant différents paramètres parodontaux tels que l'indice de plaque, de saignement sulculaire, de profondeur de poche, etc.

Les tissus mous se comporteraient donc de manière similaire autour des différentes configurations d'implants, et ne se montreraient pas plus soumis à l'inflammation au niveau des implants restaurés au platform switching. Il est cependant difficile d'établir un lien direct entre le platform switching et une diminution d'inflammation des tissus mous péri-implantaires due au fait qu'il est difficile de quantifier précisément l'inflammation sur la base de l'évaluation clinique.

Aucune étude ne peut actuellement mettre en évidence un impact clinique ou histoimmunochimique en faveur du concept platform switching quant à l'éloignement entre l'infiltrat inflammatoire du micro-gap et l'os environnant.

3.3.3.1.2 L'espace biologique

Lazzara (39) propose un deuxième aspect biologique à l'avantage conféré au concept platform switching. Celui-ci permettrait en plus de diminuer l'inflammation du microgap sur les tissus adjacents et d'obtenir un espace disponible élargi pour l'établissement de l'espace biologique.

Ce gain d'espace disponible entrainerait l'obtention d'un manchon conjonctif plus épais et plus résistant, aboutissant à une nécessité de remaniement osseux moindre.

Cette théorie d'espace biologique à direction horizontale avait déjà été mise en avant par Berglundh et al. en 1996 (40).

Trammel et al. en 2009 énoncent que l'espace biologique de l'implant serait un volume histologique tridimensionnel d'attache épithéliale et de tissu conjonctif non minéralisé servant d'interface entre la jonction implant-pilier et l'os. (58) Ils partent donc du principe que l'espace biologique est constitué d'une composante horizontale et d'une composante verticale. Ils ont donc, dans leur essai randomisé, mesuré cette composante horizontale en plus de la composante verticale. Pozzi et al. (2014) (109) sont les seuls autres auteurs parmi l'ensemble des essais inclus aux méta-analyses à avoir mesuré ce paramètre horizontal. Les résultats de Trammel montrent un espace biologique global d'1,57 mm pour le concept platform switching et d'1,53 mm pour le concept platform matching. Les auteurs déduisirent alors que l'espace biologique autour du microgap est d'une dimension histologique constante et équivalente pour les deux concepts, et que la composante horizontale de cet espace pour le concept platform switching permet la réduction de remaniement osseux observée classiquement.

Tarnow (51) a aussi montré dans une étude que le platform switching permettait une réduction de la distance inter-implantaire à moins de 3 mm sans augmenter la résorption osseuse, attribuant cette observation à une amélioration de l'établissement de l'espace biologique par l'éloignement des microgaps de chaque implant adjacent.

D'autre part, dès 2010, Canullo et al. (93) ont mis en relation le degré de mismatching entre le pilier et l'implant avec la préservation osseuse, confirmant le rôle de l'espace biologique dans la limitation du remaniement osseux péri-implantaire. La méta-analyse d'Annibaldi et al. mettra en 2012 cette observation à l'épreuve par une analyse de sous-groupe, analyse qui confirmera ces observations.

Grace à leur analyse de sous groupe, Atieh et al. (2010) (91) ont mis en évidence qu'un impact significatif du platform switching était observé uniquement en situation où le mismatching était supérieur à 0,45 mm de chaque côté de l'implant.

Selon les auteurs, en dessous de cette valeur, l'espace libéré par ce mismatching serait insuffisant à l'attache du manchon conjonctif à la plateforme horizontale de l'implant.

Ce concept d'espace biologique établit bien-sûr aussi un lien entre biotype et remaniement osseux. Vandeweghe et al. (2012) ainsi que Telleman et al. (2012) ont remarqué un effet maximal de préservation osseuse pour des poses d'implants sur des sites à biotype gingival favorable, l'avantage étant nettement réduit voir nul pour des biotypes non favorables.

Enfin, le rôle de l'espace biologique a été testé dans une étude expérimentale de 2014 (130) où Caram et al. comparent des implants platform matching, platform switching et one piece, en utilisant soit un profil droit soit un profil concave, laissant une épaisseur supplémentaire à l'établissement du manchon conjonctif. Il a été montré que l'implant one piece droit a eu les meilleurs résultats avec le moins de résorption osseuse, alors qu'aucune différence significative n'a été trouvée dans les autres groupes, même celui de l'implant one piece à profil concave. Cela amène les auteurs à suggérer que ce profil concave du pilier guide l'établissement de l'espace biologique directement en apical et ce indépendamment du microgap. De futures études pourraient permettre de confirmer ces observations.

3.3.3.2 Sur le plan biomécanique

Une théorie met en avant un rôle biomécanique du concept platform switching. Le déplacement de la jonction pilier-implant entraînerait un déplacement des contraintes exercées lors des micromouvements liés à la mise en charge de l'implant (63, 64). Cet avantage serait donc présent uniquement en situation de mise en charge prothétique. Les forces seraient alors réparties en direction du centre de l'implant et s'éloigneraient de l'os environnant (62).

Différentes études biomécaniques ont été menées sans pour autant réussir à apporter de consensus autour de l'impact réel à l'échelle biomécanique. Plusieurs auteurs tels que Maeda et al. (2007), Pessoa et al. (2010), Tabata et al (2011) et Cimen et al. (2012) (62, 63) (64) (131) sont arrivés aux conclusions que le concept platform switching permettait en effet de réduire les contraintes mécaniques sur l'os, ayant comme désavantage d'augmenter les contraintes au niveau du pilier et de la vis d'ancrage. Pessoa et al. (2010) ajoutent que ces résultats significatifs ne sont pas observés dans les cas d'extraction-implantation immédiate.

Cependant Hsu et al. (2009) (72) dans leur analyse des éléments finis aboutissent à un avantage non significatif avec une réduction de contraintes inférieure à 10% entre le groupe platform switching et le groupe platform matching. Ils émettent l'hypothèse que la réduction des contraintes est plutôt due à une augmentation du diamètre de l'implant qu'au décalage de la jonction pilier-implant.

Aucune des méta-analyses étudiant l'effet du platform switching ne s'est penchée sur l'étude biomécanique du platform switching, c'est pourquoi il est difficile de conclure quant au rôle

biomécanique du concept platform switching.

Toutefois, cette perspective ouverte par Hsu et al. nous amène à nous poser la question du diamètre implantaire comme biais dans notre analyse. Au sein des méta-analyses que nous avons étudiées, Enkling et al. (103, 111) avancent que l'impact du platform switching n'est du qu'à l'augmentation du diamètre implantaire qui accompagne son utilisation. Prosper et al. en 2009 (97) avaient comparé la résorption osseuse du concept platform switching et platform matching autour d'implants cylindriques classiques et d'implants à plateforme élargie, et aucune résorption ne fut notée pour l'ensemble des implants à plateforme élargie, indépendamment du fait qu'ils soient restaurés selon le platform switching ou non.

Cependant, s'il est vrai que certaines études incluses aux méta-analyses ont parfois comparé des groupes à diamètres implantaires différents (97, 106, 115, 118), la majorité des études incluses ont comparé les groupes à diamètres implantaires égaux.

3.3.3.3 La question de la connectique cône morse

Au sein des différentes études, le concept platform switching est comparé à celui du platform matching en utilisant différentes connectiques. Toutefois, dans leur méta-analyse, Santiago et al. (122) soulignent que les meilleurs résultats observés au sein des différentes méta-analyses l'ont été en compagnie de la connectique interne de type cône morse (71, 92, 105, 109, 110, 114, 132).

Ce type de connectique est suspecté d'agir au niveau biologique en réduisant la taille du micro-gap à moins d'1 μm , prévenant la colonisation et diffusion bactérienne. Ce type de connectique pourrait donc limiter l'infiltrat inflammatoire du micro-gap et promouvoir l'établissement d'un espace biologique adéquat.

D'autre part, une récente étude met en évidence un intérêt biomécanique à ce type de connectique (133), mettant en évidence une meilleure distribution des contraintes mécaniques sur l'os péri-implantaire due à une diminution des micro-mouvements lors de la mise en charge de l'implant.

Parmi les études de nos méta-analyses, l'étude de Wang et al. (2015) (119) qui est la plus récente, indique que des valeurs similaires en terme de remaniement osseux pourraient être retrouvées en comparant des implants platform switching et platform matching lors de l'utilisation d'une connectique cône morse pour les deux groupes. C'est en effet le cas dans leur étude ainsi que dans l'étude de Pieri et al. (105).

Cela amène donc à se poser la question de l'intérêt du platform switching lorsque l'utilisation de la connectique cône morse est envisagée. Il va de soit que la littérature devrait à l'avenir

continuer à porter son attention sur l'utilisation de la connectique cône morse et de son impact avec ou sans association au concept platform switching.

3.3.3.4 La question du niveau d'insertion

Une autre question qui s'est posée à travers l'étude de ces différents essais fut le niveau d'insertion de l'implant, plus précisément la position du microgap par rapport à la crête osseuse. Cochran et al. (2009) (134) avaient démontré une résorption péri-implantaire supérieure lors de la mise en place d'implants platform switching sous la crête alvéolaire que lors d'une mise en place au niveau de la crête. Ils avaient également démontré que le positionnement d'un implant en supracrestal restait la solution pour un remaniement osseux le plus minime.

Un an plus tard, Veis et al. (135), trouvaient des résultats inverses, avec une résorption osseuse minime lors de l'insertion d'implants platform switching en subcrestal. Les auteurs avaient aussi trouvé qu'une résorption osseuse maximale était observée lors de l'insertion du microgap en juxta-crestal.

Dans leur méta-analyse, Herekar et al. (124) établissent une analyse de sous-groupe et concluent à un avantage maximal des implants platform switching placés en subcrestal, et un avantage minimal non significatif des implants platform switching placés en supracrestal. Cependant, les échantillons faibles d'implants posés en supra et en subcrestal ne permettent pas de se fier à ces observations.

D'autre part, un facteur de confusion réside dans le référentiel utilisé pour déterminer la lyse osseuse. Certaines études mesurent la lyse osseuse par rapport à la plateforme de l'implant, favorisant une insertion subcrestale, tandis que d'autres la mesurent par rapport au niveau général de la crête osseuse, favorisant une insertion supracrestale.

Schwartz et al. en 2013 (136) s'étaient aussi penchés, lors d'une revue systématique, sur la position du microgap par rapport à la crête osseuse ainsi que sur la position de la jonction entre les surfaces usinée et rugueuse. Il avait été conclu qu'une position subcrestale du microgap favorisait le recouvrement de la partie rugueuse du col de l'implant, ce malgré une perte supérieure du niveau osseux général.

La position de cette jonction entre la surface usinée et rugueuse doit, selon les mêmes auteurs, être placée de manière supracrestale pour limiter la résorption osseuse.

De futures investigations sont donc nécessaires pour conclure quant à la meilleure position du microgap par rapport à la crête osseuse. Cependant, il semblerait qu'une résorption moindre

du niveau général sera observée lors du placement supracrestal de tout implant en deux pièces, due à l'éloignement du microgap par rapport à la crête osseuse, mais que lors du placement subcrestal d'implants platform switching, un meilleur ancrage osseux se ferait du fait d'une ostéointégration rapprochée par rapport à la plateforme et au microgap de l'implant.

3.3.3.5 La question de l'extraction-implantation immédiate

La question de l'utilisation du concept platform switching lors de protocoles d'extraction-implantation immédiate s'est posée dès 2009 avec des résultats contradictoires. La méta-analyse d'Atieh en 2010 n'intègre que deux essais testant ce protocole. Canullo et al. (2009) (92) concluent à un avantage significatif du platform switching tandis que Crespi et al. (2009) (71) ne trouvent aucune différence significative en terme de résorption osseuse entre les implants platform switching et platform matching insérés immédiatement après extraction.

La méta-analyse d'Annibali et al. (2012) (99) permet d'ajouter l'étude de Pieri et al. (2011) (105) à l'analyse, dont les résultats corroborent ceux de Crespi et al. En effet, ce dernier avait rappelé dans son étude qu'un critère important pour les opérations d'extraction-implantation immédiate était le maintien de l'intégrité des parois latérales de l'alvéole, et avait déduit que les conditions de chirurgie minimalement invasives avaient engendré des différences minimales de remaniement osseux entre les deux groupes testés.

Les méta-analyses plus antérieures n'ont pas apporté de nouvelle étude traitant la question de l'extraction immédiate.

Il semblerait donc que l'avantage du concept platform switching soit diminué dans les conditions d'extraction-implantation immédiate. Il est cependant impossible de tirer des conclusions au vu du faible échantillon présent.

3.3.3.6 Sur le plan esthétique

L'intérêt du concept platform switching, nous l'avons vu à travers les différentes méta-analyses, ne réside pas dans une amélioration du taux de survie implantaire, mais pourrait effectivement résider dans une économie tissulaire dont la finalité serait l'amélioration et la pérennisation de l'esthétique des tissus mous péri-implantaires.

En effet, Tarnow (66) avait établi un lien entre la fréquence de présence de la papille interdentaire ou inter-implantaire et la distance entre la crête alvéolaire et le point de contact sus-jacent.

L'esthétique des tissus mous est donc intimement liée au niveau osseux péri-implantaire, et la réduction de la perte marginale osseuse pourrait donc participer au succès esthétique de l'implant.

Cependant, la mesure du niveau osseux ne reste qu'un substitut à l'évaluation des tissus mous. Or, l'évaluation clinique du niveau des tissus mous autour des implants n'étant que très rarement présente au sein des essais inclus, ce point constitue une critique récurrente chez les auteurs des différentes méta-analyses.

De futures études, intégrant l'évaluation esthétique des tissus mous autour des implants restaurés au platform switching, sont donc nécessaires avant d'émettre toute conclusion quant à l'efficacité clinique du concept platform switching d'un point de vue esthétique (91, 99, 122-125).

De plus, au sein de nos différentes méta-analyses, l'effet de préservation osseuse attribué au concept platform switching se situe, selon les auteurs, entre 0,23 et 0,49 mm. Si cette différence en terme de niveau osseux est significative, on peut cependant légitimement se demander si cette différence de résorption osseuse peut se traduire par une différence clinique mesurable au niveau des tissus mous et si le succès esthétique d'un implant peut être influencé par des modifications de hauteur osseuse de cet ordre de grandeur.

CONCLUSION

La restauration implantaire a pris une place importante dans la dentisterie actuelle. Les objectifs résident dans la pérennisation de la stabilité implantaire et de l'esthétique des tissus mous environnants. Pour améliorer ces critères, de nouveaux concepts sont continuellement recherchés.

Les tissus durs péri-implantaires assurent cette stabilité implantaire et permettent le maintien des tissus mous sus-jacents, c'est pourquoi il est indispensable de le préserver. Toute perte osseuse péri-implantaire peut être amenée à compromettre l'esthétique, voire la stabilité d'un implant.

Une fois l'implant ostéointégré, différents facteurs sont susceptibles d'atteindre à la stabilité des tissus péri-implantaires dont notamment :

- Présence de micro-hiatus entre pilier et implant infiltré par des micro-organismes provoquant la présence d'un infiltrat inflammatoire,
- Etablissement d'un espace biologique entre l'os et la connexion pour assurer une étanchéité entre les tissus intrinsèques et le milieu extérieur,
- Micro-mouvements entre le pilier et l'implant dus aux contraintes occlusales.

Le concept platform switching est un concept présenté en 2005 par Lazzara et al. (39) ainsi que Baumgarten et al. (54) ayant pour objectif de répondre à ces critères d'amélioration.

Nous nous sommes ici posé la question de l'intérêt clinique du concept platform switching à l'aide de l'étude de méta-analyses traitant du sujet.

Il a résulté de l'étude approfondie de la littérature scientifique que le concept platform switching n'avait pas d'impact significatif sur le taux de survie implantaire à moyen terme. De futures études sont nécessaires pour tester un éventuel avantage quant à la pérennité à long terme du concept platform switching.

En ce qui concerne la réduction du remaniement osseux péri-implantaire en soit, due à l'hétérogénéité présente au sein des études incluses aux différentes méta-analyses, leurs résultats doivent être interprétés avec prudence. Toutefois, dans les limites des publications et de la preuve disponibles, la tendance des résultats est en faveur de la technique du platform switching pour prévenir ou minimiser la perte osseuse péri-implantaire comparée à la technique classique de platform matching.

Les auteurs des différentes méta-analyses s'accordent sur le fait que de futurs essais randomisés méthodologiquement valides, avec de larges échantillons testés sur de longues périodes méritent d'être menés à l'avenir. Il serait aussi intéressant de considérer un design uniforme d'essai randomisé pour les recherches à venir, avec des conditions comparables en terme de diamètre de l'implant et du pilier, de type de connexion, de surface implantaire etc. Les facteurs de confusions intrinsèques au patient tels que l'historique médical, les antécédents de parodontite, le tabagisme, devraient aussi être considérés dans ce design d'essai randomisé. Une analyse basée sur le patient plutôt que sur l'implant telle que proposée par Annibaldi et al. (99), ainsi que l'utilisation du modèle split mouth peut notamment permettre une meilleure gestion de ces facteurs de confusions.

Ainsi pourrait-on espérer réduire l'hétérogénéité inter-étude et améliorer la preuve disponible autour de ce concept.

D'autre part, outre l'étude du remaniement osseux, les futures études devraient se pencher sur l'évaluation clinique de l'avantage en terme de rendu esthétique que peut apporter ce concept platform switching.

L'intérêt du concept platform switching reste donc pour le moment limité. Herekar et al. (124) suggèrent une utilisation de ce concept de restauration dans les cas où des implants de larges diamètres sont nécessaires mais où l'espace prothétique est réduit, ou bien en région antérieure où la préservation osseuse pourrait éventuellement améliorer l'esthétique des tissus mous. Santiago et al. avancent que le platform switching pourrait être recommandé dans des zones de hauteur de crête osseuse limitée.

L'apport de la littérature, en dépit de ses limitations, semble confirmer un avantage réel du concept platform switching en matière de préservation osseuse. Certaines questions subsistent telles que l'efficacité de ce concept en situation d'extraction-implantation immédiate, le niveau vertical de positionnement adéquat et le degré d'impact de ce concept comparé à celui de la connexion cône morse.

Cependant, la question majeure qu'il faut se poser est celle de l'avantage clinique réel que peut apporter ce concept. La littérature a montré que le platform switching n'affecte pas le taux de survie implantaire. L'intérêt recherché de ce concept est donc d'ordre esthétique.

Or, si la préservation osseuse attribuée à ce concept est estimée varier entre 0,23 et 0,49 mm, il est légitime de se demander si cette préservation osseuse peut se traduire par un impact sur les tissus mous observable cliniquement.

SIGNATURE DES CONCLUSIONS

Thèse en vue du Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire

Nom - prénom de l'impétrant : AMESLAND Quentin

Titre de la thèse : Evaluation du concept « platform switching ».

Directeur de thèse : Docteur Annie NGUYEN

VU

Strasbourg, le : 16 SEP. 2016

Le Président du Jury,



Professeur J-L DAVIDEAU

VU

Strasbourg, le : 03 OCT. 2016

Le Doyen de la Faculté
de Chirurgie Dentaire de Strasbourg,



Professeur C. TADDEI

BIBLIOGRAPHIE

1. MISSIKA P, BENHAMOU-LAVGNER A, KLEINFINGER-GOUTMANN I. Accéder à l'implantologie. CdP, editor. Rueil-Malmaison, FRANCE: JPIO; 2003. 127 p.
2. BERT M, MISSIKA P. Les clés du succès en implantologie; prévenir les complications et les échecs. CdP, editor. Rueil-Malmaison, FRANCE: JPIO; 2009. 200 p.
3. Cranin AN, Silverbrand H, Sher J, Satler N. The requirements and clinical performance of dental implants. *Biocompatibility of dental materials* 1982; 4: 92-102.
4. Williams DF. Implants in dental and maxillofacial surgery. *Biomaterials* 1981; 2: 133-146 [PMID: 7023554 DOI: 10.1016/0142-9612(81)90039-9].
5. Özkurt Z, Kazazoğlu E. Zirconia dental implants: a literature review. *J Oral Implantol* 2011; 37: 367-376.
6. Chiapasco M, Casentini P, Zaniboni M, Corsi E, Anello T. Titanium-zirconium alloy narrow-diameter implants (Straumann Roxolid®) for the rehabilitation of horizontally deficient edentulous ridges: prospective study on 18 consecutive patients. *Clin Oral Implants Res* 2012; 23: 1136-1141.
7. M.DAVARPANAH, S.SZMUKLER-MONCLER, RAJZBAUM P, al. Manuel d'implantologie clinique. CdP, editor. Rueil-Malmaison, FRANCE: JPIO; 2012. 656 p.
8. Bassetti, R., Kaufmann, R., Ebinger, A., Mericske-Stern, R., Enkling, N. Is a grooved collar implant design superior to a machined design regarding bone level alteration? An observational pilot study. *Quintessence International*. 2014;45:221–229.
9. Stein, A.E., McGlmpy, E.A., Johnston, W.M. & Larsen, P.E. (2009) Effects of implant design and surface roughness on crestal bone and soft tissue levels in the esthetic zone. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* 24: 910–919.
10. GOUET E, AZRIA D, AMZALAG J, al. Codes de la réussite en implantologie orale: MED'COM; 2012.
11. MISSIKA P, ROUX P, BERT M. Prothèse implantaire pour l'omnipraticien. *INTERNATIONAL Q*, editor2003. 150 p.
12. Finne K, Rompen E, Toljanic J. Prospective multicenter study of marginal bone level and soft tissue health of a one-piece implant after two years. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2007;97(6):S79-S85.
13. Schmitt CM, Nogueira-Filho G, Tenenbaum HC, Lai JY, Brito C, Döring H, Nonhoff J. 2014. Performance of conical abutment (Morse Taper) connection implants: A systematic review. *J Biomed Mater Res Part A* 2014;102A:552–574.
14. BERCY P, TENENBAUM H. Parodontologie: Du diagnostic à la pratique. Boeck D, editor1996. 296 p.
15. Lekholm U, Zarb GA, Albrektsson T. Patient selection and preparation. *Tissue integrated prostheses*. Chicago: Quintessence Publishing Co. Inc., 1985;199-209.
16. Berglundh T, Lindhe J, Ericsson I, Marinello CP, Liljenberg B, Thomsen P. The soft tissue barrier at implants and teeth. *Clin Oral Implants Res* 1991;2:81–90.
17. SCLAR A-G. Considérations esthétiques et parodontales en implantologie. *INTERNATIONAL Q*, editor2005. 282 p.
18. Ericsson I, Lindhe J. Probing depth at implants and teeth. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 1993;20:623-7.
19. Berglundh T, Lindhe J, Jonsson K, Ericsson I. The topography of the vascular systems in the periodontal and peri-implant tissues in the dog. *J Clin Periodontol* 1994;21:189-93.
20. Berglundh T, Abrahamsson I, Welander M, Lang NP, Lindhe J. Morphogenesis of the peri-implant mucosa: an experimental study in dogs. *Clinical oral implants research*. 2007;18(1):1-8.

21. AW Gargiulo, FM Wentz, B Orban. Dimensions and relations of the dentogingival junction in humans. *J Periodontol* 196.
22. VACEK JS, GHER ME, ASSAD DA, RICHARDSON AC, GIAMBARRESI LI. - The dimensions of the human dentogingival junction. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1994;14:155-165.
23. Cochran DL, Hermann JS, Schenk RK, Higginbotham FL, Buser D. Biologic width around titanium implants. A histometric analysis of the implant-to-gingival junction around unloaded and loaded nonsubmerged implants in the canine mandible. *J Periodontol* 1997;68:186-98.
24. SANCTIS MD, BALDINI N, VIGNOLETTI F. Biological width around implants. Histological evidence on animal studies. *Journal de parodontologie et d'implantologie orale* vol 29 N°4. 2010.
25. CARAM S, HUYNH-BA G, SCHOOLFIELD J, al. Biologic width around different implant-abutment interface configurations. A radiographic evaluation of the effect of horizontal offset and concave abutment profile in the canine mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2014;1114-22.
26. LINKEVICIUS T, APSE P, GRYBAUSKAS C, al. The influence of soft tissue thickness on crestal bone changes around implants: a 1 year prospective controlled clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2009.
27. DORLAND, NEWMAN WA. *Dorland's Illustrated Medical Dictionary*. 28th ed. ed. United States: Philadelphia: Saunders; 1994.
28. Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR. The long-term efficacy of currently used dental implants: A review and proposed criteria of success. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1986;1:11–25.
29. ALBREKTSSON T, JANSSON T, LEKHOLM U. Osseointegrated dental implants. *Dent Clin North Am*. 1986.
30. Albrektsson T, Branemark P-I, Hansson H-A, Lindström J (1981) Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long-lasting direct bone-to-implant anchorage in man. *Acta Orthop Scand* 52:155–170.
31. Baier RE, Natiella JR, Meyer AE, Carter JM (1986) Importance of Implant Surface Preparations for Biomaterials with Different Intrinsic Properties. *Excerpta Medica*, Amsterdam, p 13–40.
32. Eriksson RA (1984) Heat-induced bone tissue injury. An in vivo investigation of heat tolerance of bone tissue and temperature rise in the drilling of cortical bone. Thesis. University of Goteborg, Sweden, pp 1–112.
33. Eriksson RA, Albrektsson T (1984) The effect of heat on bone regeneration. *J Oral Maxillofac Surg* 42:701–711.
34. Cameron HU, Pilliar RM, Weatherly GC (1973) The effect of movement on the bonding of porous metal to bone. *J Biomed Mater Res* 7:301–311.
35. P PALACCI. *Esthétique et Implantologie. Gestion des tissus osseux et périimplantaires*. Quintessence International 2001.
36. Albrektsson T, Jacobson M (1987) Bone metal interface in osseointegration. *J Prosthet Dent* 57:597–607.
37. WOLF FH, RATEITSCHAK EM, RATEITSCHAK KH. *Parodontologie*: Elsevier Masson; 2005. 532 p.
38. Williams DM, Hughes FJ, ODELL EW, al. *Pathology of Periodontal Disease*: Oxford University Press; 1992.
39. Lazzara RJ, Porter SS. Platform switching: a new concept in implant dentistry for controlling postoperative crestal bone levels. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006;26:9-17.

40. Berglundh, T. & Lindhe, J. (1996) Dimension of the periimplant mucosa. Biological width revisited. *Journal of Clinical Periodontology* 22: 971–973.
41. Oh TJ, Yoon J, Misch CE, Wang HL. The causes of early implant bone loss: myth or science? *J Periodontol* 2002;73:322-333.
42. Linkevicius T, Puisys A, Linkeviciene L, Peciuliene V, Schlee M. Crestal bone stability around implants with horizontally matching connection after soft tissue thickening: a prospective clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2013.
43. Ibbott CG, Kovach RJ, Carlson-Mann LD. Acute periodontal abscess associated with an immediate implant site in the maintenance phase: a case report. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1993;8:699–702.
44. Qian, J., Wennerberg, A. and Albrektsson, T. (2012), Reasons for Marginal Bone Loss around Oral Implants. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 14: 792–807. doi: 10.1111/cid.12014.
45. Romanos GE, Aydin E, Gaertner K, Nentwig GH. Long-term results after subcrestal or crestal placement of delayed loaded implants. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2013. doi: 10. 1111/cid.12084.
46. Alonso-González R, Aloy-Prósper A, Peñarrocha-Oltra D & al. Marginal bone loss in relation to platform switching implant insertion depth: An update. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*. 2012;4(3):e173-e179. doi:10.4317/jced.50743.
47. Canullo L, Iannello G, Penarocha M, Garcia B. Impact of implant diameter on bone level changes around platform switched implants: preliminary results of 18 months follow-up a prospective randomized match-paired controlled trial. *Clin Oral Implants Res*. 2012;23:1142–1146.
48. Javed F, Almas K, Crespi R, Romanos GE. Implant surface morphology and primary stability: is there a connection? *Implant Dent*. 2011;20:40–46.
49. Rodriguez-Ciurana X, Vela-Nebot X, Segalà-Torres M, Rodado-Alonso C, Màndez-Blanco V, Mata-Bugueroles M. Biomechanical repercussions of bone resorption related to biologic width: a finite-element
50. Naert I, Duyck J, Vandamme K. Occlusal overload and bone/ implant loss. *Clin Oral Implants Res*. 2012; 23 (Suppl 6): 95–107.
51. Tarnow DP, Cho SC, Wallace SS. The effect of inter-implant distance on the height of inter-implant bone crest. *J Periodontol* 2000;71:546-9.
52. Rodriguez-Ciurana X, Vela-Nebot X, Segala-Torres M, Calvo- Guirado JL, Cambra J, Mendez-Blanco V et al. The effect of interimplant distance on the height of the interimplant bone crest when using platform-switched implants. *Int J Periodon- tics Restorative Dent*. 2009;29:141–151.
53. Renvert S, Giovannoli JL. *Peri-implantitis*: Quintessence Publishing Company; 2012.
54. Baumgarten H, et al. A new implant design for crestal bone preservation: Initial observations and case report. *Pract Proceed Aesthet Dent* 2005;17:735-740.
55. Ericsson I, Persson LG, Berglundh T & al. Different types of inflammatory reactions in peri-implant soft tissues. *J Clin Periodontol* 1995; 22:255-261.
56. Abrahamsson I, Berlundh T, Lindhe J. The mucosal barrier following abutment dis/reconnection. An experimental study in dogs. *J Clin Periodontol* 1997;8:568-572.
57. Cappiello M, Luongo R, Di Orio D, Bugea C, Cochetto R, -Celletti R. Evaluation of peri-implant bone loss around platform-switched implants. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2008;28:347-355.
58. Canullo L. Platform switching. In: Canullo L, Cocchetto R, Loi I. *Peri-implant bone remodeling*. Londres : Quintessence Publishing, 2012:57-73.
59. Trammell K, Geurs NC, O’Neal SJ, et al. A prospective, randomized, controlled

- comparison of platform-switched and matched-abutment implants in short-span partial denture situations. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2009;29:599-605.
60. Vela-Nebot X, Rodriguez-Ciurana X, Rodado-Alonso C, Seagalà-Torres M. Benefits of an implant platform modification technique on reduce crestal bone resorption. *Implant Dent* 2006;15:313-320.
61. Maeda Y, Miura J, Taki I, Sogo M. Biomechanical analysis on platform switching: is there any biomechanical rationale? *Clin Oral Implants Res* 2007;18:581-584.
62. Cimen H, Yengin E. Analyzing the effects of the platform-switching procedure on stresses in the bone and implant-abutment complex by 3-dimensional fem analysis. *The Journal of oral implantology*. 2012;38(1):21-6.
63. Tabata LF, Rocha EP, Barão VA, Assunção WG. Platform switching: biomechanical evaluation using three-dimensional finite element analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2011 May-Jun;26(3):482–91.
64. Pessoa RS, Vaz LG, Marcantonio E, Jr, Vander Sloten J, Duyck J, Jaecques SV. Biomechanical evaluation of platform switching in different implant protocols: computed tomography-based three dimensional finite element analysis. *Int Oral Maxillofac Implants*. 2010 Sep-Oct;25(5):911–91.
65. Smith DE, Zarb GA. Criteria for success of osseointegrated endosseous implants. *J Prosthet Dent* 1989;62:567-72.
66. D. P. Tarnow, A. W. Magner, and P. Fletcher, “The effect of the distance from the contact point to the crest of bone on the presence or absence of the interproximal dental papilla,” *Journal of Periodontology*, vol. 63, no. 12, pp. 995–996, 1992.
67. Elian N, Bloom M, Dard M, Cho SC, Trushkowsky RD, Tarnow D. Effect of interimplant distance (2 and 3 mm) on the height of interimplant bone crest: a histomorphometric evaluation. *Journal of periodontology*. 2011;82(12):1749-56.
68. Baggi L, Cappelloni I, Di Girolamino M, Maceri F, Vairo G. The influence of implant diameter and length on stress distribution of osseointegrated implants related to crestal bone geometry: a three dimensional finite element analysis. *J Prosthet Dent* 2008;100:422-431.
69. Renouard F, Nisand D. Impact of implant length and diameter on survival rates. *Clin Oral Implants Res* 2006;17(suppl. 2): 35-51.
70. Linkevicius T, Puisys A, Steigmann M, Vindasiute E, Linkeviciene L. Influence of Vertical Soft Tissue Thickness on Crestal Bone Changes Around Implants with Platform Switching: A Comparative Clinical Study. *Clinical implant dentistry and related research*. 2014.
71. Crespi R, Cappare P, Gherlone E. Radiographic evaluation of marginal bone levels around platform-switched and non-platformswitched implants used in an immediate loading protocol. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2009;24:920–6.
72. Hsu JT, Fuh LJ, Lin DJ, Shen YW, Huang HL. Bone strain and interfacial sliding analyses of platform switching and implant diameter on an immediately loaded implant: Experimental and three-dimensional finite element analyses. *J Periodontol*. 2009;80:1125–32.
73. Vigolo P, Givani A. Platform-switched restorations on wide-diameter implants: a 5-year clinical prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2009 Jan-Feb; 24(1):103-9.
74. Romanos GE, Javed F. Platform switching minimises crestal bone loss around dental implants: truth or myth? *Journal of oral rehabilitation*. 2014;41(9):700-8.

75. Bossard, N., Boissel, F.-H. and Boissel, J.-P. (2004), Level of evidence and therapeutic evaluation: need for more thoughts. *Fundamental & Clinical Pharmacology*, 18: 365–372. doi: 10.1111/j.1472-8206.2004.00240.x.
76. Evans D. Hierarchy of evidence: A framework for ranking evidence evaluating healthcare interventions. *J Clin Nurs* 2003;12:77–84.
77. Sackett, D. L. et al. “Evidence Based Medicine: What It Is and What It Isn’t.” *BMJ : British Medical Journal* 312.7023 (1996): 71–72. Print.
78. Petticrew M, Roberts H. *Why Do We Need Systematic Reviews? Systematic Reviews in the Social Sciences*: Blackwell Publishing Ltd; 2008. p. 1-26.
79. Mark Petticrew et Helen Roberts, *Systematic Reviews in the Social Sciences : A Practical Guide*, John Wiley & Sons, 2008, 352 p.
80. Olivo SA, Macedo LG, Gadotti IC, Fuentes J, Stanton T, Magee DJ. Scales to Assess the Quality of Randomized Controlled Trials: A Systematic Review. *Physical Therapy*. 2008;88(2):156-75.
81. Jadad, A. R., Moore, R. A., Carroll, D., Jenkin- son, C., Reynolds, D. J., Gavaghan, D. J. & McQuay, H. J. (1996) Assessing the quality of reports of randomized clinical trials: is blinding necessary? *Controlled Clinical Trials* 17, 1–12.
82. R.B. D’Agostino et M. Weintraub. Meta-analysis: a method for synthesizing research. *Clinical Pharmacology and Therapeutics*, 58: 605–616, 1995.
83. Higgins, J. P. & Thompson, S. G. (2002) Quantifying heterogeneity in a meta-analysis. *Statistics in Medicine* 21, 1539–1558.
84. Lau J, Ioannidis JP, Schmid CH. Quantitative synthesis in systematic reviews. *Ann Intern Med* 1997;127:820-826.
85. Hedges LV. Modeling publication selection effects in random effects models in meta-analysis. *Statistical Science*. 1992; 7:246-55.
86. Oxman AD, Guyatt GH. A consumer's guide to subgroup analyses. *Ann Intern Med*. 1992; 116:78-84.
87. Berlin JA, Antman EM. Advantages and limitations of metaanalytic regressions of clinical trials data. *Online J Curr Clin Trials*. 4 June 1994: Doc. No. 134.
88. Easterbrook PJ, Berlin JA, Gopalan R, Matthews DR. Publication bias in clinical research. *Lancet* 1991;337:867-872. PMID.
89. Dickersin K. The existence of publication bias and risk factors for its occurrence. *JAMA* 1990;263:1385-1389. PMID.
90. Egger, M., Davey Smith, G., Schneider, M. & Minder, C. (1997) Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *British Medical Journal* 13, 629–634.
91. Atieh MA, Ibrahim HM, Atieh AH. Platform switching for marginal bone preservation around dental implants: a systematic review and meta-analysis. *Journal of periodontology*. 2010;81(10):1350-66.
92. Canullo L, Goglia G, Iurlaro G, Iannello G. Short-term bone level observations associated with platform switching in immediately placed and restored single maxillary implants: A preliminary report. *Int J Pros- thodont* 2009;22:277-282.
93. Canullo L, Fedele GR, Iannello G, Jepsen S. Platform switching and marginal bone-level alterations: The results of a randomized-controlled trial. *Clin Oral Implants Res* 2010;21:115-121.
94. Enkling N, Boslau V, Klimberg T, et al. Platform switching: A randomized clinical trial – One year results. *J Dent Res* 2009;88(Spec. Issue A):3394. Available at: <http://www.dentalresearch.org>. Accessed March 21, 2010.
95. Hürzeler M, Fickl S, Zuhr O, Wachtel HC. Peri-implant bone level around implants with platform-switched abutments: Preliminary data from a prospective study. *J Oral Maxillofac Surg* 2007; 65(Suppl. 1)33-39.

96. Kielbassa AM, Martinez-deFuentes R, Goldstein M, et al. Randomized controlled trial comparing a variable-thread novel tapered and a standard tapered implant: Interim one-year results. *J Prosthet Dent* 2009;101:293- 305.
97. Prosper L, Redaelli S, Pasi M, Zarone F, Radaelli G, Gherlone EF. A randomized prospective multicenter trial evaluating the platform-switching technique for the prevention of postrestorative crestal bone loss. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24:299-308.
98. Vigolo P, Givani A. Platform-switched restorations on wide-diameter implants: A 5-year clinical prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24:103- 109.
99. Annibaldi S, Bignozzi I, Cristalli MP, Graziani F, La Monaca G, Polimeni A. Peri-implant marginal bone level: a systematic review and meta-analysis of studies comparing platform switching versus conventionally restored implants. *Journal of clinical periodontology*. 2012;39(11):1097-1113.
100. Needleman, I., Tucker, R., Giedrys-Leeper, E. & Worthington, H. (2005) Guided tissue regeneration for periodontal intrabony defects – a Cochrane Systematic Review. *Periodontology* 2000 37, 106–123.
101. Lesaffre, E., Philstrom, B., Needleman, I. & Worthington, H. (2009) The design and analysis of split-mouth studies: what statisticians and clinicians should know. *Statistics in Medicine* 28, 3470–3482.
102. Roos-Jansaker AM, Lindahl C, Renvert H, Renvert S. Nine- to fourteen-year follow-up of implant treatment. Part I: implant loss and associations to various factors. *Journal of clinical periodontology*. 2006;33(4):283-9.
103. Enkling, N., Jöhren, P., Klimberg, V., Bayer, S., Mericske-Stern, R. & Jepsen, S. (2011) Effect of platform switching on peri-implant bone levels: a randomized clinical trial. *Clinical Oral Implants Research* 22, 1185–1192.
104. Canullo, L., Iannello, G. & Götz, W. (2011) The influence of individual bone patterns on peri-implant bone loss: preliminary report from a 3-year randomized clinical and histologic trial in patients treated with implants restored with matching-diameter abutments or the platform-switching concept. *The International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* 26, 618–630.
105. Pieri, F., Aldini, N. N., Marchetti, C. & Corinaldesi, G. (2011) Influence of implant-abutment interface design on bone and soft tissue levels around immediately placed and restored single-tooth implants: a randomized controlled clinical trial. *The International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* 26, 169–178.
106. Telleman G, Raghoobar GM, Vissink A, Meijer HJ. Impact of platform switching on inter-proximal bone levels around short implants in the posterior region; 1-year results from a randomized clinical trial. *Journal of clinical periodontology*. 2012;39(7):688-97.
107. Telleman G, Raghoobar GM, Vissink A, Meijer HJ. Impact of platform switching on peri-implant bone remodeling around short implants in the posterior region, 1-year results from a split-mouth clinical trial. *Clinical implant dentistry and related research*. 2014;16(1):70-80.
108. Vandeweghe S, De Bruyn H. A within-implant comparison to evaluate the concept of platform switching: a randomised controlled trial. *Eur J Oral Implantol* 2012;5:253–62.
109. Pozzi A, Tallarico M, Moy PK. Three-year post-loading results of a randomised, controlled, split-mouth trial comparing implants with different prosthetic interfaces and design in partially posterior edentulous mandibles. *Eur J Oral Implantol* 2014;7:47–61.
110. Pozzi A, Agliardi E, Tallarico M, Barlattani A. Clinical and radiological outcomes of two implants with different prosthetic interfaces and neck configurations:

- randomized, controlled, split-mouth clinical trial. *Clinical implant dentistry and related research*. 2014;16(1):96-106.
111. Enkling N, Johren P, Katsoulis J, Bayer S, Jervoe-Storm PM, Mericske-Stern R, et al. Influence of platform switching on bone-level alterations: a three-year randomized clinical trial. *Journal of dental research*. 2013;92(12 Suppl):139S-45S.
112. Meloni SM, Jovanovic SA, Lolli FM, Pisano M, De Riu G, De Riu N, et al. Platform switching vs regular platform implants: nine month post-loading results from a randomised controlled trial. *Eur J Oral Implantol* 2014;7:257–65.
113. Guerra F, Wagner W, Wiltfang J, Rocha S, Moergel M, Behrens E, et al. Platform switch versus platform match in the posterior mandible - 1-year results of a multicentre randomized clinical trial. *Journal of clinical periodontology*. 2014;41(5):521-9.
114. Fernandez-Formoso N, Rilo B, Mora MJ, Martinez-Silva I, Diaz-Afonso AM. Radiographic evaluation of marginal bone maintenance around tissue level implant and bone level implant: a randomised controlled trial. A 1-year follow-up. *Journal of oral rehabilitation*. 2012;39(11):830-7.
115. Canullo L, Pellegrini G, Allievi C, Trombelli L, Annibali S, Dellavia C. Soft tissues around long-term platform switching implant restorations: a histological human evaluation. Preliminary results. *Journal of clinical periodontology*. 2011;38(1):86-94.
116. Dursun E, Tulunoglu I, Ozbek SM, Uysal S, Akalin FA, Kilinc K, et al. The influence of platform switching on clinical, laboratory, and image-based measures: a prospective clinical study. *Clinical implant dentistry and related research*. 2014;16(6):936-46.
117. Del Fabbro M, Bianchessi C, Del Lupo R, Landi L, Taschieri S, Corbella S. Platform switching vs standard implants in partially edentulous patients using the Dental Tech Implant System: clinical and radiological results from a prospective multicenter study. *Clinical oral investigations*. 2015;19(9):2233-44.
118. Glibert M, Vervaeke S, De Bruyn H, Ostman PO. Clinical and Radiographic Comparison between Platform-Shifted and Nonplatform-Shifted Implant: A One-Year Prospective Study. *Clinical implant dentistry and related research*. 2016;18(1):129-37.
119. Wang YC, Kan JY, Rungcharassaeng K, Roe P, Lozada JL. Marginal bone response of implants with platform switching and non-platform switching abutments in posterior healed sites: a 1-year prospective study. *Clinical oral implants research*. 2015;26(2):220-7.
120. Glibert M, Vervaeke S, De Bruyn H, Ostman PO. Clinical and radiographic comparison between platform-shifted and nonplatform-shifted implant: a one-year prospective study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2014. <http://dx.doi.org/10.1111/cid.12269>. [Epub ahead of print].
121. Cappiello M, Luongo R, Di Iorio D, Bugea C, Cocchetto R, Celletti R. Evaluation of peri-implant bone loss around platform-switched implants. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2008;28:347-355.
122. Santiago JFJ, de Souza Batista VE, Verri FR, Honorio HM, de Mello CC, Almeida DA, et al. Platform-switching implants and bone preservation: a systematic review and meta-analysis. *International journal of oral and maxillofacial surgery*. 2016;45(3):332-45.
123. Strietzel FP, Neumann K, Hertel M. Impact of platform switching on marginal peri-implant bone-level changes. A systematic review and meta-analysis. *Clinical oral implants research*. 2015;26(3):342-58.
124. Herekar M, Sethi M, Mulani S, Fernandes A, Kulkarni H. Influence of platform switching on periimplant bone loss: a systematic review and meta-analysis. *Implant*

- dentistry. 2014;23(4):439-50.
125. Chrcanovic BR, Albrektsson T, Wennerberg A. Platform switch and dental implants: A meta-analysis. *Journal of dentistry*. 2015.
 126. Aglietta, M., Siciliano, V.I., Rasperini, G., Cafiero, C., Lang, N.P. & Salvi, G.E. (2011) A 10-year retrospective analysis of marginal bone level changes around implants in periodontally healthy and periodontally compromised tobacco smokers. *Clinical Oral Implants Research* 22: 47–53.
 127. Luongo R, Traini T, Guidone PC, Bianco G, Cocchetto R, Celletti R. Hard and soft tissue responses to the platform-switching technique. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2008;28:551-7.
 128. Collins JR, Berg RW, Rodriguez M, Rodriguez I, Coelho PG, Tovar N. Evaluation of human periimplant soft tissues around nonsubmerged machined standard and platform-switched abutments. *Implant dentistry*. 2015;24(1):57-61.
 129. Chien H-H, Meng H-W, Gross AC, Eubank TD, Yildiz VO, Leblebicioglu B. The Effect of Platform Switching on Periimplant Crevicular Fluid Content During Early Wound Healing. *Implant dentistry*. 9000;Publish Ahead of Print.
 130. Caram SJ, Huynh-Ba G, Schoolfield JD, Jones AA, Cochran DL, Belser UC. Biologic width around different implant-abutment interface configurations. A radiographic evaluation of the effect of horizontal offset and concave abutment profile in the canine mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2014;29(5):1114-22.
 131. Maeda Y, Miura J, Taki I, Sogo M. Biomechanical analysis on platform switching: is there any biomechanical rationale? *Clinical oral implants research*. 2007;18(5):581-4.
 132. Wang YC, Kan JY, Rungcharassaeng K, Roe P, Lozada JL. Marginal bone response of implants with platform switching and non-platform switching abutments in posterior healed sites: a 1-year prospective study. *Clin Oral Implants Res* 2015;26:220–7.
 133. de Faria Almeida DA, Pellizzer EP, Verri FR, Santiago Jr JF, de Carvalho PS. Influence of tapered and external hexagon connections on bone stresses around tilted dental implants: three-dimensional finite element method with statistical analysis. *J Periodontol* 2014;85:261–9.
 134. Cochran DL, Bosshardt DD, Grize L, Higginbottom FL, Jones AA, Jung RE, et al. Bone response to loaded implants with non-matching implant–abutment diameters in the canine mandible. *J Periodontol* 2009;80: 609–17.
 135. Veis A, Parissis N, Tsirlis A, et al. Evaluation of peri-implant marginal bone loss using modified abutment connections at various crestal level placements. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2010;30: 609–617.
 136. Schwarz F, Hegewald A, Becker J. Impact of implant-abutment connection and positioning of the machined collar/microgap on crestal bone level changes: a systematic review. *Clinical oral implants research*. 2014;25(4):417-25.